الأعمال العلمية
مهرجان القراءة للجميع
مكتبة الأسرة
٢٠٠٢

الجديد فى الأنتخاب الطبيعى

(بيولوجيا)

ترجمة : د. مصطفى ابراهيم فهمى

ريتشارد دوكنز

الهيئة المصرية
العامة للكتاب



2

سلســـــــــــلة جدران المعرفـــــــــــة

تتحتوى السلسلة الثانية على (١١) كتاب جداد ، يطرحوا لأول مرة فى ثوب ألكترونى لكبار المثقفين والأدباء. بالأضافة الى مجموعة من المقالات المختارة من بعض الكتب القَيمة. (تجدون فهرس الكتب الصادرة فى أخر الكتاب. أضغط على مفتاح end على يمين الكيبورد) .

أما عن فهرس الكتاب نفسه ، فهو أعلى اليسار فى البرنامج (book marks) .

* كما أننا نوجه شكر خاص الى كل من ساعدنى وأرسل لى اقتراح او نقد أو تشجيع ، سوء من خلال الايميل او على صفحات المنتديات أو من خلال الرسائل الخاصة أو على الماسنجر ..... حقيقى ، كنتم نعم العون ، وننتظر منكم المزيد

واخيرآ ، نحب أن نعلمكم ، اذا كان أى شخص لديه القدرة على المساعدة المادية البسيطة جدآ جدآ فى هذا المشروع حتى يكون متجدد بأستمرار ، ولا يتوقف ، يتفضل بمراسلتنا ... لمزيد من التفاصيل :
theknowledge_walls@yahoo.com

مع تحيات
JEm

عن المؤلف

ولد ريتشارد دوكنز فى عام ١٩٤١ . وتعلم فى جامعة أوكسفورد، وبقى فيها بعد تخرجه ليعمل للدكتوراه مع عالم الإيثولوجيا (*) نيكو تنبرجن الحائز على جائزة نوبل. وعمل من ١٩٦٧حتى ١٩٦٩ كأستاذ مساعد للحيوان فى جامعة كاليفورنيا ببركلى. وأصبح منذ عام ١٩٧٠ محاضرا للحيوان فى جامعة اوكسفورد وزميلا فى الكلية الجديدة.

وأول كتب دوكنز والذى مازال أشهرها هو «الجين الأنانى» [١٩٧٦] وقد أصبح فى التو من أروج الكتب عالميا وترجم إلى إحدى عشرة لغة، وبيع منه بالانجليزية وحدها مايزيد على ١٥٠,٠٠٠ نسخة. وأعقبه كتاب «المظهر الممتد» الذى ظهر فى ١٩٨٢ .

(*) الإيثولوجيا Ethology علم دراسة سلوك الحيوانات وخاصة فيما يتعلق بالبيئة.

مقدمة المترجم

عندما ظهر كتاب أصل الأنواع لداروين فى منتصف القرن التاسع عشر، وفيه نظريته عن التطور والانتخاب الطبيعى ثار ضجة كبرى بين العلماء وغير العلماء، مابين مؤيد ومعارض ومتحفظ. والآن بعد مرور مايقرب من قرن ونصف القرن أصبحت نظرية التطور أكثر رسوخا بما جعلها جزءا أساسيا فى المقررات الدراسية لطلبة البيولوجيا فى العالم كله. بل وظهر بين رجال الدين فى العالم الغربى مؤيدون كثيرون للنظرية لهم وزنهم، يبدون إيمانهم بها، ولم يعد الجدل يدور حول التطور ذاته وإنما هو حول الميكانزمات أو الآليات المحركة للتطور ونشأة الحياة.

وهناك الآن مدارس مختلفة بين التطوريين أنفسهم سواء منهم المثاليين أو الماديين. فيوجد على سبيل المثال لاالحصر مدرسة الطفريين فى أحد أقصى الأطراف، ممن يؤمنون بأن التطور يخطو فى كل مرة بطفرة هائلة، ويقابل ذلك فى أقصى الطرف الآخر التدريجيون الذين يؤمنون بأن التغيرات فى التطور هى فى أغلبها بطيئة تدريجية بما لايكاد يلحظ، وبين هذين الطرفين مدارس أخرى مثل الترقيمية والداروينية الجديدة والمحايدة، وجل هذه المدارس قد خرج من عباءة الداروينية وإن كانت قد تعارضها تماما فى بعض النواحى.

ودوكنز مؤلف هذا الكتاب ينتمى إلى مايعرف بالداروينية الجديدة الأرثوذوكسية، وهو فى هذا الكتاب يدافع عن مدرسته بحماس وحمية، ويفند حجج المدارس الأخرى

المعارضة لها، ويعاود المرة بعد الأخرى التدليل على أن الآلية الأساسية للتطور الداروينى هى الانتخاب الطبيعى، وإن كان ذلك لاينفى وجود عوامل أخرى أقل أهمية. ويرى بعض العلماء أن دوكنز بكتاباته هذه قد وطد من دعائم الثورة الداروينية فى البيولوجيا بمثل ما وطد به جاليليو دعائم ثورة كوبرنيكوس فى الكونيات.

ويرى دوكنز أن لب الداروينية هو حقيقة بسيطة كل البساطة، وهى أن التكاثر مع وجود تباين وراثى وانتخاب طبيعى لاعشوائى، إذ أتيح لها معا الزمن الكافى فإن ذلك يؤدى الى نتائج تطورية فى الحياة هى أبعد من الخيال. والزمن الكافى هنا يعنى ملايين بل بلايين السنين التى ظلت الحياة تتطور فيها منذ بدايتها التى تقرب من ٤ بلايين سنة خلت. وتظهر قدرات دوكنز فى الأمثلة العديدة التى يضربها ليبين بها إمكان حدوث التطور الداروينى بالانتخاب الطبيعى ابتداءا مماهو بسيط جدا للوصول إلى ماهو معقد جدا، كتطور العين من جزء من سطح الجلد حتى نصل الى العين البشرية بكل تركيبها، وكذلك تطور الأجنحة أو تطور الرئة. وهو إذ يضرب الأمثلة من الطبيعة وعالم الأحياء لايتوقف عن إبداء إعجابه وذهوله من روعة مافى الكائنات الحية من غموض وتركب مثيرين لايفسرهما فى نظره إلا الداروينية الجديدة، وهو لاينسى فى هذا كله أن يصد بعض أوجه الهجوم الرئيسية على الداروينية القديمة، مثل ماتتهم به من أن التطور فيها يعتمد على صدف عمياء عشوائية، مع أنه لايمكن أن ينشأ تركب وتعقد منتظم عن العشوائية. ويرد دوكنز مدللا على أن الانتخاب الطبيعى الذى يتحكم فى اتجاه التطور هو لاعشوائى وإن كان فى نفس الوقت لايتجه لهدف فى المستقبل، وهو إذ يؤدى إلى تصميمات مركبة فهو بمثابة صانع ساعات معقدة ولكنه صانع ساعات أعمى بلا رؤية للمستقبل وبلاغرض ومن هنا كان اسم الكتاب بالإنجليزية. وإذا كان يبدو بالنظر وراء أن التطور ينجز مايشبه أن يكون تقدما نحو هدف، فإن هذه مجرد نتيجة عارضة للتغير المتراكم بالانتخاب الطبيعى. أما الطفرة فدورها ثانوى فى التطور، فهى مجرد بداية التغير البسيط الذى يظل يتراكم بالانتخاب الطبيعى لتكوين ماهو أكثر تعقيدا حتى نصل على المدى الزمنى البعيد إلى أقصى تعقد وتركب. وحسب الداروينية الجديدة، فإن استخدام التطور فى علم التصنيف يؤدى استنتاج شجرة واحدة وحيدة لاغير لترتيب سلالات الكائنات الحية، ولايمكن أن تصح إلا هذه الشجرة الواحدة.

وآراء دوكنز فى الداروينية الجديدة رغم مايبذله فى البرهنة عليها، إلا أنها لا تقبل كلها على علاتها. فثمة انتقادات عديدة لها سواء من المدارس المثالية أو المادية. ومن أهم هذه الانتقادات أنها لم تستطع أن تفسر كيف بدأ الانتخاب الطبيعى فى عالمنا، ودوكنز يقر بذلك وإن كان يرى أن هذا لايؤدى إلى تفنيد النظرية. كذلك هناك من ينقدون آراءه لما فيها من حتمية رهيبة مبعثها نظرة أحادية لاتكاد ترى فى الحياة غير عوامل الوراثة. كما أن أحد العوامل الفاصلة فى الانتخاب الطبيعى هو لاأقل من الموت نفسه الذى يقضى أولا بأول على كل من لايصلح للبقاء. والمذاهب السياسية المحافظة الجديدة عملت دائما على استغلال هذه الآراء العلمية استغلالا سياسيا كأن تبرر الحروب على أنها وسيلة لبقاء الأصلح أو تبرر السلطة والثروة بمزاعم عن الحتمية الوراثية لذلك.

وإذا كنا هنا ننقل للقارئ العربى نظريات دوكنز وحججه، فليس ذلك لأنها كلها مما يؤمن بصدقه، وإنما لأن كاتبها صادق فى إيمانه بها ودفاعه عنها، ولأنها تعطى المثل للجدل العلمى كما ينبغى أن يكون ذلك الجدل، ولأن الكتاب أيضا بمثابة سجل عام لآخر النظريات الحديثة عن التطور بمؤيديها ومعارضيها.

ويسرنى هنا أن أسجل أعمق الشكر للأستاذ الدكتور أحمد مستجير عميد زراعة القاهرة وأستاذ الوراثيات بها، وكذلك الأستاذ الدكتور أحمد شوقى أستاذ الوراثيات بجامعة الزقازيق، وذلك لما تكرما به على من وقتهما الثمين لمساعدتى فى ترجمة بعض المصطلحات، والفضل لهما كل الفضل فيما هو صحيح، أما إذا كان ثمة خطأ فلعله بسبب عدم استيعابى لتفسيرهما.

د. مصطفى ابراهيم فهمى

تمهيد

هذا الكتاب قد تمت كتابته باقتناع راسخ أن وجودنا نفسه وإن طرح ذات يوم على أنه أعظم الألغاز كلها، إلا أنه لم يعد لغزا لأنه قد تم حله. وقد حله داروين و والاس، وإن كنا سنستمر زمنا على اضافة ملاحظات هامشية إلى حلهما. وقد كتبت هذا الكتاب لأنه مما فاجأني أن أناسا كثيرين جدا يبدو أنهم ليسوا فحسب غير متنبهين إلى الحل الرائع الجميل لهذه المشكلة جد العميقة، بل إنهم أيضا فى حالات كثيرة غير متنبهين بالفعل وعلى نحو لايصدق إلى وجود المشكلة أصلا!

والمشكلة هى مشكلة التصميم المركب. إن الكمبيوتر الذى أكتب عليه هذه الكلمات له قدرة على اختزان المعلومات ولما يقرب من ٦٤ كيلو بايت Byte (البايت الواحد يُستخدم لاختزان كل حرف واحد من النص) وقد صمم هذا الكمبيوتر بوعى وأنتج إنتاجا متعمدا. أما المخ الذى تفهم به كلماتى فهو نظام من بضع عشرات الملايين من الكيلو عصبات Kilo neurones وفى كثير من هذه البلايين من الخلايا العصبية يوجد لكل خلية مايزيد عن ألف «سلك كهربى» يصلها بعصبات أخرى. وفوق ذلك، فإنه على مستوى الوراثيات الجزيئية، تحوى كل خلية واحدة، فيما يزيد عن تريلبون خلية فى الجسم، قدرا من المعلومات المرقومة فى شفرة دقيقة يساوى ما يحتويه كل الكمبيوتر الذى لدىّ، وتركّب الكائنات الحية يضارعه الكفاءة الرائعة لتصميمها الظاهر ، وإذا كان هناك أى شخص لايوافق على أن هذا الكم من التصميم المركب يصبح مطالبا بتفسير، فإنى أقر باليأس منه . لا ، بل إننى بعد التفكير ثانية لاأقر باليأس، لأن أحد أهدافى فى هذا الكتاب

هى أن أوصل شيئا من خالص روعة التركب البيولوجى إلى أولئك الذين لم تنفتح أعينهم بعد له، على أنى إذ أكمل بناء اللغز، فإن هدفى الرئيسى الآخر هو أن أزيله مرةً أخرى بأن أفسر الحل.

والتفسير فن صعب، فتستطيع أن تفسر شيئا ما بحيث يفهم القارئ الكلمات؛ كما تستطيع أن تفسر شيئا ما بحيث يحسه القارئ فى النخاع من عظامه، وحتى تؤدى هذا النوع الأخير من التفسير، فإنه قد لايكون أحيانا مما يكفى له أن تضع البرهان أمام القارئ

... أن تكون محاميا عن القضية وتستخدم حيل مهنة المحاماة، فهذا

ذات حجم متوسط تتحرك فى ثلاثة أبعاد على سرعات متوسطة. ونحن قد أُسئ تجهيزنا بالنسبة لفهم ماهو صغير جدا وماهو كبير جدا، الأشياء التى يقاس بقاؤها بالبيكو ثانية أو الجيجاسنه(*)، والجسيمات التى ليس لها موضع، والقوى والمجالات التى لانستطيع رؤيتها أو لمسها، ولانعرف بأمرها إلا لأنها تؤثر فى الأشياء التى نستطيع رؤيتها أو لمسها. ونحن نعتقد أن الفيزياء معقدة لأنها مما يصعب علينا فهمه، ولأن كتب الفيزياء مليئة بالرياضيات الصعبة. على أن الأشياء التى يدرسها الفيزيائيون تظل أساسا أشياء بسيطة. فهى سحب من الغاز أو الجسميات الدقيقة، أو كتل من مادة متناسقة مثل البلورات، فيها تكرار للأنماط الذرية تكرارا يكاد يكون لانهائيا. وليس لهذه الأشياء، على الأقل بالمعايير البيولوجية، أى أجزاء عاملة معقدة. بل أن الأشياء الفيزيائية الكبيرة كالنجوم تتكون بالحرى من تنظيم محدود للأجزاء، التى هى بدرجة أو أخرى قد نُظمت كيفما اتفق. وسلوك الأشياء الفيرپائية غير البيولوجية هو بسيط جدا حتى ليصلح لتوصيفه استخدام مايوجد من لغة رياضية، وهذا هو السبب فى إمتلاء كتب الفيزياء بالرياضيات.

وقد تكون «كتب» الفيزياء معقدة، ولكن كتب الفيزياء هى، مثل السيارات والكمبيوترات، نتاج أشياء بيولوجية ـ الأمخاخ البشرية. والأشياء والظواهر التى يصفها كتاب للفيزياء هى أكثر بساطة من خلية واحدة فى جسم مؤلفه. وهذا المؤلِف يتكون من ترليونات من هذه الخلايا، والكثير منها تختلف كل خلية فيه عن الأخرى، وقد جهزت بمعمار معقد وهندسة دقيقة لتكون ماكينة عاملة لها القدرة على تأليف كتاب (الترليونات عندى أمريكية مثل كل وحداتى. والترليون الأمريكى هو مليون مليون، والبليون الأمريكى هو ألف مليون) . وأمخاخنا لم يحسن إعدادها لتناول الحدود القصوى من التركب، وذلك بما ليس أفضل من إعدادها لتناول الحدود القصوى من الحجم والحدود القصوى الأخرى الصعبة فى الفيزياء. ولم يخترع أحد بعد الرياضيات التى تصف البنية والسلوك الكليين لشئ من نوع عالم للفيزياء، أو حتى خلية واحدة من خلاياه. ومانستطيع أن نفعله هو أن نفهم بعضا من المبادئ العامة لطريقة عمل الأشياء الحية، وسبب وجودها أصلا.

(*) بيكوثانية: جزء فى الترليون من الثانية وجيجاسنه = بليون سنة. (المترجم).

وعند هذه النقطة يكون دخولنا. فقد أردنا أن نعرف لماذا نوجد نحن وكل الأشياء المعقدة الأخرى. ونحن الآن نستطيع الإجابة عن هذا السؤال على وجه العموم، حتى ولو كنا لانستطيع فهم تفاصيل التعقيد نفسه. وعلى وجه التمثيل، فإن معظمنا لايفهم بالتفصيل كيف تعمل طائرة للركاب. ومن المحتمل أن من بنوها أيضا لايفهمون ذلك بصورة كاملة: فمتخصصو المحرك لايفهمون الأجنحة بالتفصيل، ومتخصصو الأجنحة لايفهمون المحركات إلا بصورة مبهمة. بل إن متخصصى الأجنحة لايفهمون الأجنحة بالدقة الكاملة رياضيا: فهم لايستطيعون التنبؤ بكيفية سلوك الجناح فى ظروف عاصفة إلا بفحص نموذج بظروف مماثلة فى نفق للريح أو فى كمبيوتر ـ وهو نوع التصرف الذى قد يقوم به عالم البيولوجيا حتى يفهم أحد الحيوانات. على أنه مهما كان فهمنا لكيفية عمل طائرة الركاب فهما منقوصا، فإننا كلنا نفهم كنه العملية العامة التى أتت بها للوجود. فقد صممها بشر على لوحة رسم هندسى. ثم قام أفراد آخرون من البشر بصنع أجزائها من الرسومات، ثم قام أفراد من البشر أكثر كثيرا (بمساعدة من ماكينات أخرى صممها بشر) بتثبيت الأجزاء معا أو برشمتها أو لحامها أو تلصيقها، كل جزء فى مكانه الصحيح. والعملية التى تأتى بها طائرة الركاب إلى الوجود ليست أساسا عملية غامضة بالنسبة لنا، لأن البشر هم الذين يبنونها. ووضع الأجزاء معا وضعا منتظما بتصميم هادف هو شئ نعرفه ونفهمه، لأننا قد مارسناه بأنفسنا، حتى ولو كان ذلك وحسب بلعب طفولتنا من نوع الميكانو ومجموعة التشييد.

وماذا عن أجسادنا نحن؟ إن كل واحد منا ماكينة، مثل طائرة الركاب إلا أننا أكثر تعقيدا بكثير. هل تم تصميمنا نحن أيضا على لوحة رسم هندسى؟ إن الإجابة تثير الدهشة، ونحن قد عرفناها وفهمناها منذ قرن فقط أو مايقرب. وعندما شرح شارلز داروين الأمر أول مرة لم يستوعبه أناس كثيرون، أو هم لم يستطيعوا ذلك. وأنا نفسى رفضت تماما أن أؤمن بنظرية داروين عندما سمعت بها أول مرة وأنا طفل. وربما كان السبب هو أن التفسير الداروينى الحق لوجودنا، مازال إلى حد ملحوظ لايكوّن جزءا روتينيا من مقررات التعليم العام. ومن المؤكد أنه يساء فهمه على نحو واسع جدا.

وصانع الساعات فى عنوان كتابى قد اقترضته من رسالة مشهورة لوليم پالى عالم اللاهوت فى القرن الثامن عشر، وهى رسالة «اللاهوت الطبيعى» التى نشرت فى ١٨٠٢، وهى أحسن عرض معروف «لحجة التصميم» وأنا معجب بهذا الكتاب أشد الاعجاب، لأن الكاتب قد نجح فى أن يفعل فى عصره ما أكافح أنا الآن لفعله. فقد كان له رأى ليوضحه، وهو قد آمن به إيمانا مشبوبا، ولم يأل جهدا فى طرحه بوضوح. وكان لديه من الاحترام مايليق بالنسبة لتعقد العالم الحى، ورأى أنه يتطلب تفسيرا من نوع خاص جدا. وهو وإن كان قد أعطى إجابة تقليدية لحل الأحجية، إلا أنه بينها بصورة أكثر وضوحا وإقناعا مما فعله أى ممن قبله. أما التفسير الحقيقى فكان عليه أن ينتظر وصول واحد من أكثر المفكرين ثورية فى كل الزمان، هو شارلز داروين.

ويبدأ پالى «اللاهوت الطبيعى» بفقرة مشهورة:

لنفرض أننى أثناء عبور مرج حطت قدمى على قطعة «حجر»، وسُئلت كيف وصل الحجر إلى هناك، لعل أجيب بأنه ما لم أعلم بعكس ذلك فإنه يقبع هناك منذ الأبد: ولعله قد لايكون من السهل جدا إظهار سخف هذه الإجابة. ولكن لنفرض أنى وجدت «ساعة» على الأرض وإنه ينبغى البحث عن كيف أنه حدث أن وُجدت الساعة فى ذلك المكان؛ فلا أكاد أظن أنى سأفكر فى تلك الإجابة التى سبق أن أدليت بها، وهى مالم أعلم بغير ذلك ، فإن الساعة ربما كانت هناك دائما.

وپالى هنا يدرك الفارق بين الأشياء الفيزيائية الطبيعية كالحجارة، والأشياء المصممة المصنوعة مثل الساعات. وهو يواصل حديثه فيبين الإحكام الذى تصاغ به تروس الساعة وزنبركاتها، والتعقد الذى توضع به معا. فإذا عثرنا على شئ مثل الساعة فوق مرج. فإننا حتى لو كنا لا نعرف كيف وصل إلى الوجود، فإن إحكامه هو ذاته وتعقد تصميمه يجبرنا أن نستنتج:

أنه ينبغى أن يكون للساعة صانع: وأنه ينبغى أن يوجد، فى وقت ما، وفى مكان أو آخر

مُصنع أو مصنعون هم قد شكلوها للغرض الذى نجد أنها تفى به فعلا، وهم أدركوا تركيبها، وصمموا استخدامها.

ويصر پالى على أنه لايوجد من يستطيع أن يخالف بصورة معقولة هذا الاستنتاج، ذلك أن:

كل دليل على الاختراع، وكل مظهر للتصميم، مما يوجد فى الساعة، يوجد أيضا فى أعمال الطبيعة، مع وجه اختلاف فى صف الطبيعة، وهو أنها أعظم وأكبر، وذلك بدرجة تفوق كل تقدير.

ويسوق پالى وجهة نظره إلى مداها مصحوبة بتوصيفات فيها جمال وتبجيل لماكينة الحياة إذ يتم تشريحها، بادئا بالعين البشرية، وهى نموذج أثير استخدمه داروين فيما بعد وسوف يعاود الظهور خلال هذا الكتاب. ويقارن پالى العين بآلة مصممة مثل التلسكوب، ويستنتج أن «هناك بالضبط الدليل نفسه على أن العين قد جُعلت للرؤية، بمثلما يوجد الدليل على أن التلسكوب قد جعل للمساعدة عليها»، فلابد أن للعين مصمم، تماما مثلما يكون للتلسكوب مصمم.

ومحاجة پالى قد صُنعت بإخلاص مشبوب وأُفعمت بمعلومات من أحسن دراسات البيولوجيا فى ذلك الوقت ولكن التمثيل بين التلسكوب والعين، وبين الساعة والكائن الحى هو تمثيل زائف. فصانع الساعات الحقيقى له تبصر للأمام: فهو يصمم تروسه وزنبركاته، ويخطط مابينها من ترابطات وقد وضع نصب عينيه هدف مستقبلى، أما مايصنع الساعات فى الطبيعة، وهو الانتخاب الطبيعى، تلك العملية الأتوماتيكية العمياء غير الواعية التى اكتشفها داروين والتى نعرف الآن أنها تفسر بيولوجيا الحياة، فليس له عقل فيه هدف. إنه بلا عقل، وبلاعين لعقل، وهو لايخطط للمستقبل، وليس له رؤية، ولابصيرة للأمام، ولابصر على الإطلاق، وإذا كان من الممكن أن يقال عنه أنه يلعب دور صانع الساعات فى الطبيعة، فهو صانع ساعات «أعمى».

وسوف أشرح هذا كله، وأمورا كثيرة إلى جانب ذلك. على أن ثمة شيئا واحدا لن أفعله، هو الاستخفاف بروعة «الساعات» الحية التى ألهمت پالى على هذا النحو. وعلى العكس من ذلك، فسأحاول أن أبين إحساسى بأنه كان فى استطاعته هنا أن يذهب إلى مدى أبعد. وعندما يصل الأمر إلى الإحساس بما «للساعات» الحية من روعة فإننى لا أذعن لأحد. وإنى لأحس بأنى أشارك القس وليام پالى رأيه أكثر مما أشارك ذلك الفيلسوف المعاصر المرموق الذى ناقشت الأمر معه ذات مرة على العشاء. وقلت له أنى لا أتصور حلا علميا للغز الحياة فى أى زمن قبل عام ١٨٥٩ حينما نشر داروين «أصل الأنواع». وأجاب الفيلسوف «وماذا عن هيوم؟» وسألته كيف فسر هيوم التركّب المنظم للعالم الحى؟ وقال الفيلسوف «إنه لم يفسره، ولماذا يحتاج ذلك لأى تفسير خاص؟»

وپالى كان يعرف أن ذلك يحتاج لتفسير خاص، كما عرف داروين ذلك، وإنى لأشك أن زميلى الفيلسوف كان فى قرارة نفسه يعرف ذلك أيضا. وعلى أى حال فسيكون من مهامى هنا أن أوضح ذلك. أما بالنسبة لدافيد هيوم نفسه، ذلك الفيلسوف الاسكتلندى العظيم، فإنه لم يقدم تفسيرا لما يظهر من تركب التصميم، وترك المسألة مفتوحة قائلا «يجب علينا أن ننتظر وأن نأمل أن يخرج لنا شخص ما بتفسير جيد» إلا أن بعض كتابات هيوم تشير إلى أنه بخس تقدير تركب وجمال التصميم البيولوجى. وربما كان فى استطاعة العالم الطبيعى الفتى شارلز داروين أن يبين له أمرا أو أمرين بهذا الشأن، ولكن هيوم كان قد مات منذ أربعين عاما عندما التحق داروين بجامعة هيوم فى ادنبره.

لقد تحدثت بانطلاق عن التركّب، والتصميم الظاهر، وكأن من الواضح ماتعنيه هذه الكلمات. وهى بمعنى ما واضحة ـ فمعظم الناس لديهم فكرة بالحدس عما يعنيه التركب. ولكن هذين التصورين التركيب والتصميم، هما أمر محورى جدا بالنسبة لهذا الكتاب بحيث يجب أن أحاول مستخدما الكلمات بدقة أكثر نوعا، أن أحدد ما لدينا من شعور بأن ثمة شيئا خاصا فيما يتعلق بالأشياء المركبة الظاهر تصميمها.

وإذن فما هو الشئ المركب؟ كيف يمكننا التعرف عليه؟ بأى معنى يكون من

الحقيقى أن نقول أن ساعة أو طائرة ركاب أو حشرة أو شخصا هى أشياء مركبة، أما القمر فإنه بسيط؟ إن أول نقطة هامة قد تعن لنا كصفة رئيسية للشئ المركب هى أن له بنية غير متجانسة إن المهلبية أو بودنج(*) اللبن الوردى بسيطة، بمعنى أننا إذا قسمناها إلى جزئين، فإن الجزئين سيكون لهما نفس التركيب الداخلى: فالمهلبية متجانسة. أما السيارة فغير متجانسة وبخلاف المهلبية فإن الأمر يكاد يكون أن أى جزء من السيارة هو مختلف عن الأجزاء الأخرى. ومضاعفة نصف سيارة لاتصنع سيارة، وغالبا مايؤدى ذلك إلى القول بأن الشئ المركب، بالمقارنة بالشئ البسيط، له أجزاء كثيرة، وهذه الأجزاء تكون من أكثر من نوع واحد.

وهذا «اللاتجانس» أو «التعدد للأجزاء» قد يكون شرطا ضروريا، ولكنه غير كاف. فثمة أشياء كثيرة تكون متعددة الأجزاء وغير متجانسة فى تكوينها الداخلى، دون أن تكون مركبة بالمعنى الذى أريد استخدام المصطلح به. فجبل مونت بلانك، مثلا، يتكون من أنواع كثيرة مختلفة من الصخر، كلها مختلطة معا كيفما اتفق، بحيث أنك لو قسمت الجبل فى أى مكان، فإن الجزئين سيختلف أحدهما عن الآخر فى تركيبه الداخلى. فمونت بلانك له عدم تجانس فى بنيته لاتحوزه المهلبية، ولكنه رغم ذلك ليس مركبا بالمعنى الذى يستخدم به البيولوجى المصطلح.

هيا نجرب مسلكا آخراً فى بحثنا عن تعريف للتركب، فنستغل فكرة الاحتمال الرياضية. هبنا نجرب التعريف التالى: الشئ المركب هو شئ تكون أجزاؤه المكونه له مرتبة على نحو لايحتمل أن يكون قد نشأ عن الصدفة وحدها. ولنقترض تمثيلا من فلكى فذ، فلو أخذت أجزاء طائرة ركاب وخلطها معا عشوائيا، فإن احتمال أن يحدث أنك ستجمع طائرة بوينج عاملة هو احتمال ضئيل إلى حد التلاشى. وهناك بلايين من الطرق المحتملة لجمع أجزاء الطائرة معا، وهناك فقط طريقة واحدة، أو طرق قليلة جدا، تؤدى بالفعل إلى تكوين طائرة ركاب، بل إن هناك طرق أكثر لأن تجمع معا الأجزاء المختلطة لأحد البشر.

(*) البودنج: حلوى من دقيق ولبن وبيض وسكر وفاكهة. (المترجم).

وهذا التناول لتعريف التركب فيه مايعد، ولكن ثمة شيئا آخر مازال مطلوبا، فمن الممكن القول بأن هناك بلايين الطرق لرمى أجزاء مونت بلانك معا، ولكن واحدة منها فقط هى مونت بلانك. فإذا كان مونت بلانك بسيطا، فما هو ذلك الذى يجعل طائرة الركاب والإنسان ممكنين؟ [illegible]

سيبدو كمعجزة ضخمة جدا، لأن نسبة الاحتمالات ضد ذلك هى ملايين كثيرة إلى الواحد، كما أنك ستتمكن من سرقة ثروة.

والآن، فإن الوصول صدفة إلى الرقم المحظوظ الذى يفتح خزانة البنك هو المرادف، فى تمثيلنا، لرمى ركام معدنى عشوائيا ليحدث أن تتجمع طائرة بوينج ٧٤٧. فمن بين كل ملايين الأوضاع الفريدة للقفل الرقمى، التى تتساوى عند التبصر وراءا فى بعد احتمالها، لايوجد سوى وضع واحد يفتح القفل. وبالمثل، فإنه من بين كل ملايين الأوضاع الفريدة لترتيب كومة القطع المعدنية، والتى تتساوى عند التبصر وراءا فى بعد احتمالها، لايوجد سوى ترتيب واحد لها (أو ترتيبات قليلة جدا) سوف تطير. وتفرد الترتيب الذى يطير، أو الذى يفتح الخزانة، هو أمر لاعلاقة له بالتبصر وراءا. فهو أمر قد تحدد مسبقا، فصانع القفل قد حدد التوليفة، وأخبر مدير البنك بها. والقدرة على الطيران هى خاصية لطائرة الركاب نحددها مسبقا، ولو رأينا طائرة فى الهواء فإنه يمكننا التأكد من أنها لم يتم تجميعها بقذف قطع المعدن معا عشوائيا، ذلك أننا نعرف أن نسبة الاحتمالات ضد استطاعة تجميع عشوائى أن يطير هى نسبة هائلة للغاية.

والآن، فلو قدرنا كل الطرق الممكنة التى يمكن بها رمى صخور مونت بلانك معا، فمن الحق أن ليس فيها سوى طريقة واحدة فحسب ستصنع مونت بلانك كما نعرفه. ولكن مونت بلانك كما نعرفه قد عُرِّف بالتبصر وراءا. وأى طريقة من عدد كبير جدا من طرق رمى الصخور معا يمكن أن تصنف كجبل، ولعلها كانت ستسمى مونت بلانك، فليس ثمة شئ خاص بشأن مونت بلانك عينه الذى نعرفه، وليس من شئ قد حُدد مسبقا، وليس من شئ يرادف إقلاع الطائرة، أو يرادف أن يدور باب الخزانة مفتوحا وتتساقط النقود خارجة.

ما الذى يكون فى حالة الجسد الحى مرادفا لباب الخزانة إذ يدور مفتوحا، أو للطائرة إذ تطير؟ حسن، أحيانا يكاد الأمر أن يتماثل بالحرف. إن عصافير الجنة تطير. وكما رأينا، فليس من السهل أن نرمى أجزاءاً لتتجمع معا ماكينة طائرة. ولو أخذت كل خلايا عصفور الجنة وجمعتها معا جمعا عشوائيا، فإن فرصة أن الشئ الناتج سوف يطير لن تفترق بأى

معنى عملى، عن الصفر، وليست كل الأشياء الحية بالتى تطير، ولكنها تؤدى أشياءا أخرى تماثل ذلك تماما فى بعد الاحتمال، وتماثله فى القابلية للتحدد مسبقا. فالحيتان لاتطير وإنما هى تسبح بالفعل، وتسبح بما يماثل كفاءة طيران عصافير الجنة. وفرصة أن يسبح خليط عشوائى لخلايا حوت هى فرصه لاتذكر، دع عنك أن يسبح هذا الخليط بسرعة وكفاءة كما يفعل الحوت بالفعل.

وعند هذه النقطة فإن أحد الفلاسفة ممن لهم أعين كالصقر (الصقور لها أعين حادة البصر جدا ـ ولن تستطيع صنع عين صقر بأن ترمى معا عدسات وخلايا حساسة للضوء رميا عشوائيا) سوف يبدأ فى الغمغمة بشئ عن نقاش يدور فى حلقة مفرغة. عصافير الجنة تطير ولكنها لاتسبح، والحيتان تسبح ولكنها لاتطير. وأننا بالتبصر وراءا نقرر إذا كنا سنحكُم بنجاح خلطنا العشوائى كشئ يسبح أو يطير. ولنفرض أننا اتفقنا على أن نحكم على نجاح الشئ فى أن يكون (س) ونترك ماهية هذه السين بالضبط أمرا مفتوحا حتى ننتهى من محاولة رمى الخلايا معا. إن كومة الخلايا العشوائية قد تصبح فى النهاية حفارا كفئا كالخلد أو متسلقاً كفئا كالقرد. أو لعلها ستكون بارعة جدا فى ركوب الامواج مع الريح، أو التشبث بخرق الزيت، أو السير فى دوائر تتناقص دائما أبدا حتى تتلاشى، ويمكن أن تستمر القائمة هكذا وتستمر، أفيمكن ذلك؟

لو أنه «يمكن» حقا أن تستمر القائمة هكذا، فإن فيلسوفى المفترض قد تكون له وجهة نظره. فإذا كان الأمر أنك مهما رميت المادة عشوائيا فيما حولك، فإنه بالتبصر وراءا يمكن فى أحوال كثيرة أن يقال أن الخليط الناتج يصلح «لشئ ما»، فسوف يكون من الحق عندها القول بأنى كنت مخادعا بشأن عصفور الجنة والحوت، إلا أن البيولوجيين يستطيعون أن يكونوا أكثر تحديدا عن هذا بكثير فيما يتعلق بما يكوّن ماهو «صالح لشئ ما». فأقل مانتطلبه للتعرف على شئ كحيوان أو نبات هو أنه ينبغى أن ينجح فى القيام بعيشه «على نحو ما» (وبدقة أكثر أنه ينبغى أن يعيش هو، أو على الأقل بعض أفراد نوعه، زمنا كافيا للتكاثر). ومن الحقيقى أن ثمة طرقا عديدة جدا للقيام بالعيش ـ الطيران، والسباحة، والتأرجح بين الأشجار، وهلم جرا. على أنه «مهما كثرت الطرق لأن يكون

الشئ حيا، فمن المؤكد أن هناك دائما طرقا أكثر جدا لأن يكون ميتا» أو بالحرى أن يكون غير حى. وأنت قد ترمى الخلايا معا عشوائيا الكرة بعد الأخرى لبليون من السنين، ولن تحصل مرة واحدة على ذلك الخليط الذى يطير، أو يسبح، أو يحفر، أو يجرى، أو يفعل «أى شئ» ، حتى ولو على نحو سئ، مما يمكن أن يؤول تأويلا بعيدا على أنه يعمل من أجل الإبقاء على نفسه حيا.

إن هذا النقاش قد طال وامتد، وحان الوقت لأن نذكر أنفسنا كيف دخلناه فى المكان الأول. لقد كنا نبحث عن طريقة دقيقة للتعبير عما نعنيه عندما نشير إلى شئ على أنه معقد. وكنا نحاول أن نضع إصبعنا على الشئ الذى يشترك فيه معا أفراد البشر والخلد وديدان الأرض وطائرات الركاب والساعات، ولايشتركون فيه مع المهلبية، أو جبل مونت بلانك، أو القمر. والاجابة التى وصلنا لها هى أن الأشياء المركبة فيها صفة ما، قابلة للتحدد مسبقا، ويقل بدرجة كبيرة احتمال أن تكون قد أكتسبت بالصدفة العشوائية وحدها. وفى حالة الأشياء الحية، فإن الصفة التى تتحدد مسبقا هى بمعنى ما «المهارة» ؛ إما المهارة فى قدرة معينة مثل الطيران، بالمعنى الذى قد يثير إعجاب مصمم للطائرات، أو المهارة، فى شئ ما أكثر عمومية، مثل القدرة على درأ الموت، أو القدرة على نشر الجينات بالتكاثر.

ودرأ الموت هو أمر يجب أن تعمل له. وعندما يُترك الجسد وشأنه ـ وهو مايحدث عند موته ـ فإنه يتجه إلى الارتداد إلى حالة من التوازن مع بيئته. ولو قست كماً ما فى جسد حىّ مثل الحرارة أو الحموضة أو محتوى الماء أو الجهد الكهربى، فستجد بصورة نمطية أنه يختلف اختلافا ملحوظا عن القياس المقابل فى البيئة المحيطة. فأجسادنا، مثلا، هى عادة أكثر سخونة من البيئة المحيطة بنا، وفى الأجواء الباردة يكون على الناس أن يعملوا عملا شاقا للاحتفاظ بهذا التفاوت. وعندما نموت يتوقف هذا العمل، ويبدأ تفاوت الحرارة فى التلاشى، وننتهى بأن تصبح درجة حرارتنا هى درجة الحرارة نفسها كما للبيئة المحيطة بنا. والحيوانات لاسمل كلها عملا شاقا لتجنب أن تصبح فى توازن مع درجة حرارة البيئة المحيطة بها، ولكن الحيوانات كلها تقوم «ببعض» عمل مشابه لذلك. ففى البلد الجاف،

مثلا، تعمل الحيوانات والنباتات على الاحتفاظ بالمحتويات السائلة لخلاياها، فتعمل ضد النزعة الطبيعية لأن ينساب الماء منها إلى العالم الخارجى الجاف. ولو فشلت فى ذلك فإنها تموت. وبصورة أعم، فإن الأشياء الحية إن لم تعمل بنشاط على منع هذا الأمر، فسينتهى بها الحال إلى الإندماج فى البيئة المحيطة بها، فتكف عن أن تكون موجودة ككائنات مستقلة. وهذا هو مايحدث لها عندما تموت.

وباستثناء الماكينات المصنعة، التى اتفقنا من قبل على أن نعدها كأشياء حية شرفيا، فإن الأشياء غير الحية لاتعمل بهذا المعنى. فهى تتقبل القوى التى تنزع إلى أن تأتى بها إلى التوازن مع البيئة المحيطة بها. ومن المؤكد، أن مونت بلانك قد وجد زمنا طويلا، ولعله سيظل موجودا زمنا أطول، ولكنه لا يعمل ليبقى موجودا. فعندما تصل الصخور إلى الاستقرار تحت تأثير الجاذبية فإنها تظل هناك وحسب. وليس من عمل ينبغى أن يؤدى للاحتفاظ بها هناك. فمونت بلانك موجود، وسيظل موجودا حتى يبلى، أو يسقطه زلزال. وهو لايتخذ خطوات لإصلاح مايبلى منه، أو لإقامة نفسه لو أسقط، بمثل ماتفعله الأجساد الحية. فهو فحسب يذعن للقوانين العادية للفيزياء.

فهل معنى هذا إنكار أن الأشياء الحية تذعن لقوانين الفيزياء؟ كلا بالتأكيد. ليس من سبب للاعتقاد بأن قوانين الفيزياء تنتهك فى المادة الحية. فليس من شئ خارق للطبيعة، أو «قوة حياة» تنافس القوى الأساسية للفيزياء. إن الأمر فحسب أنك لو حاولت استخدام قوانين الفيزياء، بطريقة ساذجة، لفهم سلوك الجسد الحى «ككل»، فسوف تجد أن ذلك لن يذهب بك بعيدا. فالجسد شئ مركب، له أجزاء مكونه كثيرة، وحتى يمكن فهم سلوكه ينبغى أن تطبق قوانين الفيزياء على أجزائه وليس على الكل، وبعدها فإن سلوك الجسد ككل سوف ينبثق كنتيجة للتفاعلات مابين الأجزاء.

ولتأخذ مثلا قوانين الحركة. إنك إذا ألقيت طائرا ميتا فى الهواء فإن مساره سيتصف بقطع مكافئ رشيق، بالضبط كما تقول كتب الفيزياء أنه ينبغى أن يحدث، ثم إنه سوف يستقر على الأرض ويبقى هناك. إنه يسلك كما ينبغى لكيان جامد له قدر معين من الكتلة ومن مقاومة الريح. ولكن لو أنك ألقيت طائرا حيا فى الهواء فإنه لن يتخذ مسار قطع

مكافئ ليصل مستقرا على الأرض. فهو سوف يطير بعيدا، وربما لايلمس الأرض فى هذه الناحية من حدود الولاية. وسبب ذلك أن له عضلات تعمل لمقاومة الجاذبية والقوى الفيزيائية الأخرى التى تؤثر فى الجسد كله. وقوانين الفيزياء يتم الإذعان لها داخل كل خلية فى العضلات. والنتيجة هى أن العضلات تحرك الاجنحة على نحو يجعل الطائر يبقى طائرا. والطائر لاينتهك قانون الجاذبية. فهو يتم جذبه بثبات إلى أسفل بواسطة الجاذبية، ولكن أجنحته تؤدى عملا نشطا ـ مذعنة لقوانين الطبيعة من خلال عضلاتها ـ لتحتفظ به طائرا رغم قوة الجاذبية. وسوف نعتقد أنه يتحدى قانونا فيزيائيا لو كنا من السذاجة بحيث نتناوله ببساطة وكأنه قطعة من مادة بلا بنية، لها قدر معين من الكتلة ومن مقاومة للريح. ولن نفهم سلوك الجسد ككل إلا عندما نتذكر أن له أجزاء داخلية كثيرة، كلها تخضع لقوانين الفيزياء على مستواها الخاص بها. وهذه بالطبع، ليست خاصة مميزة للأشياء الحية، فهى تنطبق على كل الماكينات التى يصنعها الانسان، وتنطبق بالإمكان على أى شئ معقد كثير الأجزاء.

ويأتى بنا هذا إلى الموضوع النهائى الذى أود مناقشته فى هذا الفصل الفلسفى نوعا، وهو مشكلة ما نعنيه بالتفسير. لقد رأينا ما الذى نعنيه بالشئ المركب. ولكن ما هو نوع التفسير الذى سيرضينا عندما نتساءل عن كيفية عمل الماكينة المعقدة، أو الجسد الحى؟ والإجابة هى ما وصلنا إليه فى الفقرة السابقة. فإذا أردنا أن نفهم كيف تعمل الماكينة أو الجسد الحى، فإننا ننظر إلى أجزائها المكونة لها ونسأل كيف يتفاعل أحدها مع الآخر. وإذا كان ثمة شئ مركب لا تفهمه بعد، فإننا نستطيع الوصول إلى فهمه بلغة الأجزاء الأبسط التى نفهمها فعلا من قبل.

وعندما أسأل مهندسا عن كيفية عمل محرك بخارى، فإن لدى فكرة واضحة إلى حد ما عن النوع العام للإجابة التى سوف ترضينى. ومن المؤكد أنه ينبغى علىّ مثل جوليان هكسلى ألا أتأثر إذا قال المهندس أن المحرك يدفع «بالقوة المحركية». ولو أنه بدأ بحديث مثقل عن الكل الذى هو أكبر من مجموع أجزائه. فسوف أقاطعه: «دعك من هذا، وأخبرنى كيف (يعمل)». فما أود سماعه هو شئ عن كيفية تفاعل أجزاء المحرك أحدها مع الآخر لينتج عن ذلك سلوك المحرك كله. فأنا من بادئ الأمر مهيأ لأن أتقبل تفسيرا فىحدود عددكبير إلى حد ما من المكونات الفرعية، التى قد يكون ذات تركيبها

الداخلى وسلوكها معقدين إلى حد ما، ولم يتم تفسيرهما بعد. فوحدات الإجابة التى ترضى فى بادئ الأمر قد يكون فيها مصطلحات من مثل بيت النار، والغلاية، والأسطوانة، والمكبس، ومنظم البخار. وفى بادئ الأمر، سوف يجزم المهندس، دون شرح، بما تفعله كل من هذه الوحدات. وسأقبل ذلك للحظتها، دون أن أسأل كيف تقوم كل وحدة بالشئ الذى يخصها بالذات. «فبافتراض» أن كل وحدة تقوم بالشئ الذى يخصها، فإنى إذن أستطيع أن أفهم كيف تتفاعل لتجعل المحرك كله يتحرك.

وبالطبع، فإنه يحق لى بعدها أن أسأل كيف يعمل كل جزء. ومادمت قد تقبلت من قبل «حقيقة» أن منظم البخار ينظم انسياب البخار، ومادمت قد استخدمت هذه الحقيقة فى فهمى لسلوك المحرك ككل، فإنى الآن أحول فضولى إلى منظم البخار نفسه. فأنا الآن أريد أن أفهم كيف يؤدى سلوكه الخاص به، بلغة من أجزائه الداخلية هو نفسه. فثمة نظام طبقات لعناصر فرعية من داخل العناصر. فنحن نفسر سلوك العنصر على مستوى معين، بلغة من التفاعلات بين العناصر الفرعية التى يؤخذ، فى هذه اللحظة، تنظيمها الداخلى الخاص بها كقضية مسلمة. ونحن نشق طريقنا خلال هذه الطبقات، حتى نصل إلى وحدات بسيطة جدا بحيث أننا، عمليا، لانحس بعد بالحاجة الى إلقاء أسئلة عنها. فأغلبنا مثلا، بحق أو بدون حق، سعداء فيما يختص بخواص القضبان الحديدية الصلبة، وعلى استعداد لاستخدامها كوحدات لتفسير الماكينات الأكثر تركبا التى تحويها.

والفيزيائيون بالطبع لايأخذون قضبان الحديد كقضية مسلمة. فهم يتساءلون عن سبب صلابتها، ويداومون على سلخ نظام طبقاتها لما بعد ذلك بعدة طبقات، حتى يتعمقوا إلى الجسيمات والكواركات الأساسية. ولكن الحياة بالنسبة لأغلبنا لأقصر من أن نتتبع هذه الجسيمات. وبالنسبة للمستوى المعين من أى نسق مركب، فإنه قد يمكن التوصل طبيعيا إلى تفسيرات مرضية إذا سلخنا النظام الطبقى لعمق طبقة أو طبقتين بعد طبقتنا التى بدأنا بها، وليس لأكثر من ذلك. وسلوك السيارة يُفسر بلغة الأسطوانات، ومغذيات الوقود وشموع الاحتراق. ومن الحقيقى أن كل عنصر من هذه العناصر مستقر على قمة هرم

من تفسيرات على المستويات الأدنى. ولكن لوأنك سألتنى عن طريقة عمل السيارة وأجبتك بلغة من قوانين نيوتن وقوانين الديناميكا الحرارية فسوف تعتقد أنى على شئ من الإدعاء، أما إذا أجبت بلغة من الجسيمات الأساسية فسوف تعتقد أنى محض نصير لمذهب التعمية. ومن الحق بما لاشك فيه أن سلوك السيارة فى عمق أعماقه يجب أن يفسر بلغة من تفاعلات الجسميات الأساسية، ولكن من الأفيد كثيرا أن يفسَّر سلوك السيارة بلغة من التفاعلات مابين المكابس والأسطوانات، وشموع الاحتراق.

وسلوك الكمبيوتر يمكن تفسيره بلغة التفاعلات بين البوابات الالكترونية شبه الموصلة، وسلوك هذه يفسَّر بدوره بواسطة الفيزيائيين على مستويات هى حتى أدنى من ذلك. ولكنك فى معظم ما يفيد، ستكون عمليا مضيعا لوقتك لو أنك حاولت فهم سلوك الكمبيوتر ككل على أى من هذين المستويين. فثمة بوابات الكترونية كثيرة جدا ووصلات كثيرة جدا فيما بينها. والتفسير المرضى يجب أن يكون فى حدود عدد طيع صغير من التفاعلات. وهذا هو السبب فى أننا لو أردنا فهم تشغيل الكمبيوتر، فإننا نفضل شرحا أوليا فى حدود مايقرب من ستة من العناصر الفرعية الرئيسية ـ الذاكرة، ومعمل التنسيق، والمخزون الاحتياطى، ووحدة التحكم، ونظام التعامل بالمدخل ـ المخرج، الخ. فإذا استوعبنا التفاعلات بين ستة من العناصر الرئيسية، فإننا قد نرغب بعدها فى إلقاء أسئلة عن التنظيم الداخلى لهذه العناصر الرئيسية. والمهندسون المتخصصون هم وحدهم الذين يحتمل أن يتعمقوا إلى مستوى بوابات نظامAND ونظام NOR، والفيزيائيون هم وحدهم الذين يتعمقون إلى ماهو أبعد من ذلك، إلى مستوى كيفية سلوك الالكترونيات فى وسط شبه موصل.

وبالنسبة لمن يحبون أسماء المذاهب الملحوقة بالـ ism، فربما يكون أنسب اسم لتناولى لفهم كيفية عمل الأشياء هو مذهب «الردية الطبقية(*)» Heirarchial Reductionism.

(*) الردية أو الإختزالية هى رد أو اختزال الشكل المركب إلى الأشكال الأولية المكونة أو السابقة له (المترجم).

ولو كنت تقرأ المجلات ذات الاتجاهات الثقافية، فلعلك تكون قد لاحظت أن «الردية» مثلها مثل الخطيئة، هى أحد تلك الأشياء التى يذكرها فقط من يعادونها. وبالنسبة لبعض الدوائر، فإن من يسمى نفسه رديا يبدو وكأنه يشبه نوعا من يقر بأنه يأكل الأطفال. على أنه كما أن أحدا لايأكل الأطفال فى الواقع، فإن أحدا فى الحقيقة لايكون رديا بالمعنى الذى يستحق معاداته. فهذا الردى غير الموجود ـ ذلك النوع يعاديه كل الأفراد، ولكنه لايوجد إلا فى خيالاتهم ـ يحاول أن يفسر الأشياء المعقدة تفسيرا «مباشرا» بلغة من الأجزاء «الصغرى»، بل إنه فى بعض الصور المتطرفة من الأسطورة، يفسرها «كحاصل جمع» للأجزاء! والردى الطبقى، من الناحية الأخرى، يفسر الكيان المركب عند أى مستوى معين من النظام الطبقى للنسق، بلغة من الكيانات الأدنى بمستوى واحد فقط فى النسق الطبقى، وهى كيانات يحتمل أنها نفسها مركبة بما يكفى للحاجة إلى ردها أكثر إلى مايخصها من أجزاء مكونة، وهكذا دواليك. ومن الأمور البديهية ـ وإن كان من المشهور عن الردى الخرافى آكل الأطفال أنه ينكرها ـ أن أنواع التفسيرات التى تلاءم المستويات الأعلى من نظام الطبقات تختلف تماما عن التفسيرات التى تلائم المستويات الأدنى. وقد كان هذا هو النقطة الأساسية فى تفسير السيارات بلغة مغذيات الوقود بدلا من الكواركات. ولكن الردى الطبقى يؤمن بأن مغذيات الوقود يتم تفسيرها بلغة من الوحدات الأصغر...، التى يتم تفسيرها بلغة من وحدات أصغر...، والتى يتم فى النهاية تفسيرها بلغة من أصغر الجسميات الأساسية. فالردية بهذا المعنى هى بالضبط إسم آخر للرغبة الأمينة لفهم كيفية عمل الأشياء.

لقد بدأنا هذا القسم بالسؤال عن تفسير الأشياء المعقدة الذى يرضينا. وقد انتهينا للتومن النظر فى السؤال من وجهة نظر الميكانزم: كيف يؤدّى العمل؟ وقد استنتجنا أن سلوك شئ معقد ينبغى أن يفسّر بلغة من التفاعلات مابين أجزائه المكونة له، باعتبارها طبقات متتالية من نظام طبقى مرتب. على أن ثمة سؤال من نوع آخر عن كيف يظهر الشئ المعقد إلى الوجود بادئ ذى بدء. وهذا هو السؤال الذى شغل به بالذات هذا

الكتاب كله، ولهذا لن أقول عنه الكثير هنا. وسأذكر فحسب أن نفس المبدأ العام ينطبق هنا كما ينطبق بالنسبة لفهم الميكانزم. فالشئ المعقد هو الشئ الذى لانميل للإحساس بأن وجوده مما يؤخذ كقضية مسلمة، لأنه «بعيد الاحتمال» إلى حد بالغ. فلايمكن أن يكون قد أتى للوجود بفعل واحد من أفعال الصدفة. وسنفسر ظهوره للوجود كنتيجة لتحولات، تحدث خطوة بخطوة تدريجيا وتراكميا، من الأشياء الأبسط، أشياء أولية هى على درجة من البساطة تكفى لأن تأتى للوجود صدفة. وكما أن «الردية ذات الخطوة الكبيرة» لاتصلح لتفسير الميكانزم، ويجب أن يحل محلها سلسلة من سلخ يتم بخطى صغيرة خلال نظام الطبقات، فإننا بالمثل لانستطيع أن نفسر شيئا مركبا على أنه «ينشأ» فى خطوة واحدة. ويجب أن نلجأ ثانية إلى سلسلة الخطى الصغيرة، وقد انتظمت هذه المرة فى تعاقب زمنى. وبيتر أتكنز الكيماوى الفيزيائى بأكسفورد فى كتاب «الخلق» الذى كتبه على نحو جميل يبدأ كالتالى:

سوف آخذ عقلك إلى رحلة. إنها رحلة إدراك، تأخذنا إلى حافة الفضاء، والزمن، والفهم.

وسوف أحاج فى هذه الرحلة بأنه مامن شئ لايمكن فهمه، وأنه مامن شئ لايمكن تفسيره، وأن كل شئ بسيط على نحو خارق .. إن الشئ الكثير من الكون لايحتاج أى تفسير كالأفيال مثلا. وما أن تتعلم الجزيئات أن تتنافس وأن تكوّن جزيئات أخرى على صورتها نفسها، فإن الأفيال، والأشياء التى تشبه الأفيال، سوف توجد فى الوقت المناسب لتجوس من خلال البرية.

ويفترض أتكنز أن تطور الأشياء المركبة ـ موضوع هذا الكتاب ـ هو أمر محتوم ما إن تتوافر الظروف الفيزيائية الملائمة. وهو يتساءل عما هو أدنى حد ضرورى من الظروف الفيزيائية، وعما هو أدنى حد من العمل التصميمى حتى يظهر الكون للوجود فى يوم من الأيام، ثم تعقبه الأفيال، والأشياء المركبة الأخرى. والإجابة من وجهة نظره كعالم فيزيائى

هى أن الوحدات الأصلية الأساسية التى نحتاج إلى افتراضها حتى نفهم ظهور كل شئ للوجود تتكون إما مما هو حرفيا لاشئ (حسب بعض الفيزيائيين)، أو هى (حسب فيزيائيين آخرين) وحدات بسيطة إلى أقصى حد.

ويقول أتكنز أن الأفيال والأشياء المركبة لاتحتاج لأى تفسير. ولكن سبب هذا هو أنه عالم فيزياء، يأخذ بنظرية البيولوجيين عن التطور كقضية مسلمة. فهو لايعنى فى الواقع أن الأفيال لاتحتاج إلى تفسير، والأحرى أنه يعنى أنه راض بأن البيولوجيين يستطيعون تفسير الأفيال، بشرط أن يُسمح لهم بأن يأخذوا حقائق معينه من الفيزياء كقضية مسلمة. فمهمته إذن كعالم فيزياء هى أن يبرر أخذنا لتلك الحقائق كقضية مسلمة. وهذا هو مانجح فى القيام به. ووضعى أنا هو وضع مكمل. فأنا بيولوجى. وأن آخذ كقضية مسلمة الحقائق الفيزيائية، حقائق عالم البساطة. وإذا كان الفيزيائيون مازالوا غير متفقين عما إذا كانت هذه الحقائق البسيطة مفهومة بعد، فليست هذه مشكلتى. ومهمتى هى أن أفسر الأفيال، وعالم الأشياء المركبة، بلغة من الأشياء البسيطة التى إما أن الفيزيائيين يفهمونها أو هم يعملون على فهمها. ومشكلة الفيزيائى هى مشكلة الأصول النهائية، والقوانين الطبيعية النهائية. ومشكلة البيولوجى هى مشكلة التركب. والبيولوجى يحاول أن يفسر أعمال الأشياء المركبة وظهورها إلى الوجود بلغة من الأشياء الأبسط. وهو يستطيع أن يعتبر أن مهمته تنتهى عندما يصل إلى كيانات بسيطة جدا حتى ليمكن مناولتها بأمان إلى الفيزيائيين.

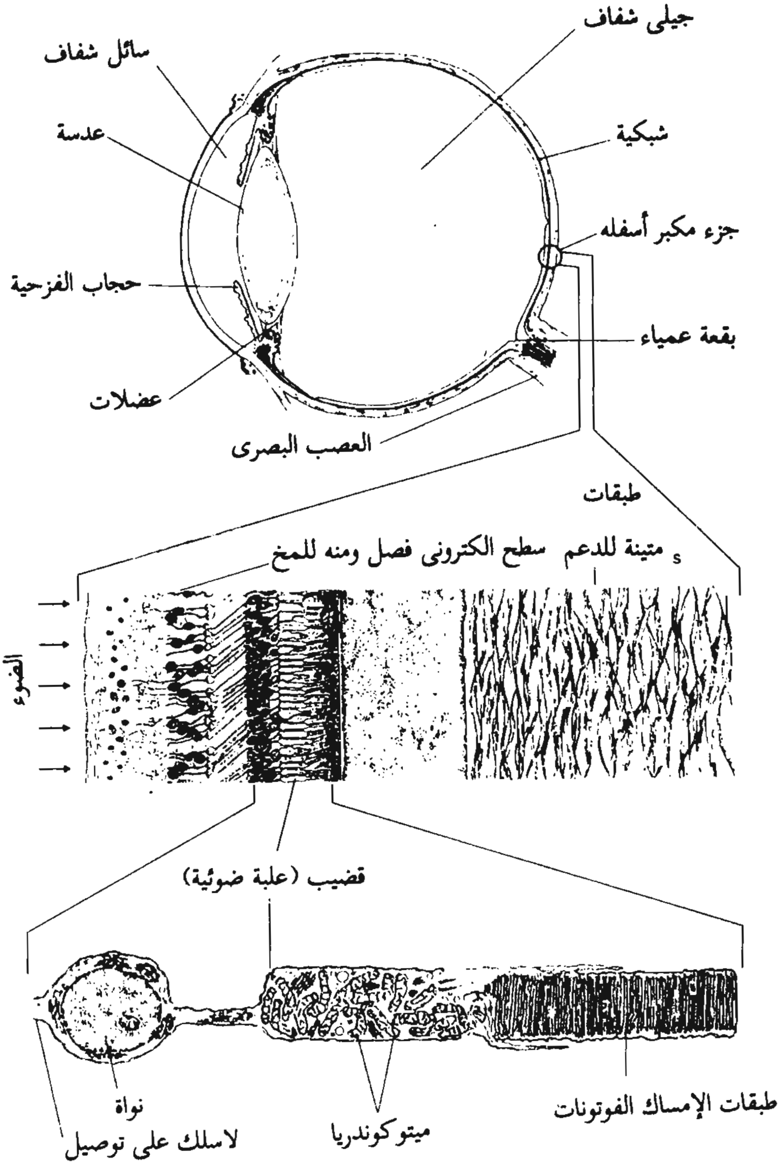
وأنا متنبه إلى أن توصيفى للشئ المركب ـ البعيد الاحتمال إحصائيا فى اتجاه يتحدَّد عن غير طريق التبصر وراءا ـ قد يبدو توصيفا فطريا. وقد يبدو هكذا أيضا، توصيفى للفيزياء على أنها دراسة للبساطة. وإذا كنت تؤثر طريقة أخرى لتعريف التركب، فلست أبالى وسوف يسعدنى أن أتماشى جدلا مع تعريفك. على أن ماأبالى به فعلا، هو أنه مهما كان مانختار أن «نسمى» به خاصية مايكون إحصائيا بعيد الاحتمال ـ فى اتجاه يتحدد ـ عن ـ غير ـ طريق ـ التبصر وراءا، فإنها خاصية هامة تحتاج لجهد خاص للتفسير. إنها

الخاصية التى تميز الأشياء البيولوجية بالمقارنة بالأشياء الفيزيائية. ونوع التفسير الذى نخرج به يجب ألا يتناقض مع قوانين الفيزياء. والحقيقة أنه سيستخدم قوانين الفيزياء، ولاشئ أبعد من قوانين الفيزياء، ولكنه يستخدم قوانين الفيزياء بطريقة خاصة لايتم النقاش بها عادة فى مراجع الفيزياء. وهده الطريقة الخاصة هى طريقة داروين. وسوف أقدم جوهرها الأساسى فى الفصل الثالث تحت عنوان «الانتخاب التراكمى».

وفى نفس الوقت فإنى أود أن أتبع پالى فى التأكيد على حجم المشكلة التى يجابهها تفسيرنا، خالص عظمة التركب البيولوجى وجمال وروعة التصميم البيولوجى. والفصل الثانى هو مناقشة موسعة لمثل بذاته، «الرادار» عند الخفافيش، الأمر الذى تم أكتشافه بعد پالى بزمن طويل. وقد وضعت هنا، فى هذا الفصل، شكلا توضيحيا للعين (شكل ١) مع تكبيرين متتاليين لأجزاء مفصلة ـ كم كان پالى سيهوى الميكروسكوب الالكترونى! وفى أعلى الشكل قطاع فى العين نفسها. وهذا المستوى من التكبير يبين العين كآلة للإبصار. ووجه الشبه بالكاميرا واضح. وحجاب القزحية مسئول عن التغير المستمر للفتحة ونقطة البؤرة. أما العدسة، وهى فى الواقع جزء فحسب من نظام عدسى مركب، فمسئولة عن جزئية التغيير فى ضبط البعد البؤرى. فالبؤرة تتغير بانقباض العدسة بواسطة العضلات (أو فى الحرباوات بتحريك العدسة أماما ووراءا، كما فى الكاميرا المصنوعة بواسطة الانسان). وتقع الصورة على الشبكية فى الخلف، حيث تستثير الخلايا الضوئية.

والجزء الأوسط من شكل (١) يبين تكبيرا لقطاع صغير من الشبكية. والضوء يأتى من اليسار وليست الخلايا الحساسة للضوء (الخلايا الضوئية) هى أول مايصيبه الضوء، وإنما هى مطمورة للداخل بمواجهة بعيدة عن الضوء. وهذه الظاهرة العجيبة سيرد ذكرها مرة أخرى فيما بعد. وأول مايصيبه الضوء هو فى الحقيقة، طبقة من خلايا العقد العصبية التى تكون «السطح الالكترونى الفاصل» بين الخلايا الضوئية والمخ. والواقع أن خلايا العقد العصبية مسئولة عن التنسيق المسبق للمعلومات بطرق بارعة قبل توصيلها إلى المخ، وبمعنى ما فإن كلمة «سطح فاصل» ليست بالكلمة المنصفة لذلك. ولعل كلمة «الكمبيوتر

شكل رقم (١)



جيلى شفاف
سائل شفاف
عدسة
شبكية
جزء مكبر أسفله
حجاب الفزحية
بقعة عمياء
عضلات
العصب البصرى
طبقات
متينة للدعم
سطح الكترونى فصل ومنه للمخ
الضوء
قضيب (علبة ضوئية)
نواة
لاسلك على توصيل
ميتوكوندريا
طبقات الإمساك الفوتونات

التابع» Satellite computer أن تكون أكثر إنصافا. إن الأسلاك تجرى من خلايا العقد العصبية على سطح الشبكية حتى «البقعة العمياء»، حيث تغوص من خلال الشبكية لتكوّن جذع الكابل الرئيسى المتجه للمخ، أى العصب البصرى. وثمة مايقرب من ثلاثة ملايين خلية عقد عصبية فى «السطح الالكترونى الفاصل»، تجمع المعطيات من حوالى ١٢٥ مليونا من الخلايا الضوئية.

وفى أسفل الشكل خلية ضوئية واحدة مكبرة، هى قضيب. وإذ تنظر إلى المعمار الرهيف لهذه الخلية، فلتذكر حقيقة أن كل هذا التركب يتكرر ١٢٥ مليون مرة فى كل شبكية. ويتكرر مايماثل ذلك تركبا تريليون مرة فى الأماكن الأخرى من الجسد ككل. ورقم ١٢٥ مليون خلية ضوئية هو مايقرب خمسة آلاف مرة من عدد النقط التى يمكن تحليلها منفصلة فى صورة فوتوغرافية من نوع جيد بإحدى المجلات، والأغشية المثنية على يمين الشكل التوضيحى للخلية الضوئية هى البنيات التى تجمع الضوء فعلا. وتشكيل الخلية الضوئية فى طبقات يزيد كفاءتها فى الإمساك بالفوتونات، الجسيمات الأساسية التى يتكون منها الضوء، وإذا لم يتم إمساك الفوتون بواسطة الغشاء الأول، فقد يمسكه الثانى، وهلم جرا. وكنتيجة لهذا، فإن بعض الأعين تستطيع أن تتبين فوتونا وحيدا. وأسرع مستحلبات الأفلام وأشدها حساسية مما هو متاح للمصورين يحتاج إلى قدر من الفوتونات يقرب من ٢٥ مثلا حتى يتبين نقطة من الضوء. والأشياء التى لها شكل المعين فى منتصف قطاع الخلية هى فى أغلبها حبيبات خطية mitochondria. والحبيبات الخطية لاتوجد فحسب فى الخلايا الضوئية، وإنما هى موجودة فى معظم الخلايا الأخرى. ويمكن اعتبار كل واحدة منها بمثابة مصنع كيماوى، وهو من أجل تسليم منتجه الأولى من الطاقة القابلة للاستخدام، يقوم بتصنيع مايزيد عن ٧٠٠ مادة كيماويات مختلفة، فى خطوط تجميع طويلة متداخلة منتظمة على سطح أغشيتها الداخلية المطوية طيا معقدا. والكريّة المستديرة التى على يسار شكل ١ هى النواة. ومرة أخرى فهذه مما يتميز به كل خلايا الحيوان والنبات. وكل نواة كما سوف نرى فى الفصل الخامس، تحوى قاعدة

معلومات database مرقومة فى شفرة، محتوياتها من المعلومات أكبر من كل الأجزاء الثلاثين «للموسوعة البريطانية» لو وضعت معا. وهذا الرقم هو بالنسبة للخلية «الواحدة» وليس لكل خلايا الجسد موضوعة معا.

والقضيب الذى فى أسفل الصورة هو خلية واحدة وحيدة. وإجمالى عدد الخلايا فى الجسد (البشرى) يقرب من ١٠ تريليون. وعندما تأكل شريحة لحم، فإنك تنهش مايرادف أكثر من مائة بليون نسخة من «الموسوعة البريطانية».

الفصل الثاني

التصميم الجيد

الانتخاب الطبيعي هو صانع ساعات أعمى، أعمى لأنه لايرى أماما، ولايخطط النتائج، وليس له هدف يراه. على أن النتائج الحية للانتخاب الطبيعي تحدث فينا انطباعا دامغا بأن فيه مظهر للتصميم والتخطيط. وهدف هذا الكتاب أن يحل هذه المفارقة بما يرضى القارئ، وهدف هذا الفصل فوق ذلك هو أن يحدث فى القارئ انطباعا بمدى ما لتوهم التصميم من قوة. وسوف ننظر فى مثل بذاته، ونستنتج منه أنه عندما يصل الأمر إلى تركب وجمال التصميم، فإن پالى لم يكد حتى يبدأ فى عرض القضية.

ونحن يمكننا القول بأن الجسد أو العضو الحى قد أحسن تصميمه عندما يكون له صفات هى مما قد يبنيه فيه مهندس ذكى عارف حتى يصل إلى بعض غرض معقول، كالطيران مثلا، أو السباحة، أو الرؤية، أو الأكل، أو التكاثر، أو على نحو أعم مايشجع البقاء والنسخ المتكرر لجينات الكائن الحى. وليس من الضروى افتراض أن تصميم الجسد أو العضو هو «أحسن» مايمكن لمهندس أن يفكر فيه. وعلى أى حال فكثيرا مايكون أحسن مايستطيعه أحد المهندسين هو مما يتجاوزه أحسن مايستطيعه مهندس آخر، خاصة إذا كان هذا الآخر يعيش لاحقا من حيث تاريخ التكنولوجيا. على أن أى مهندس يستطيع أن يتعرف على الشئ الذى قد تم تصميمه لهدف، حتى وإن ساء تصميمه، وهو عادة يستطيع أن يستنتج هذا الهدف بمجرد النظر إلى بنية هذا الشئ. وفى الفصل الأول كان ماشغلنا به أنفسنا فى الغالب هو النواحى الفلسفية. أما فى هذا الفصل، فسوف أبسط مثلا

حقيقيا بذاته أؤمن بأنه مما يؤثر فى أى مهندس، وهو جهاز السونار (*)(الرادار)عند الخفافيش. وفيما يلى سأشرح كل نقطة، سوف أبدأ بطرح إحدى المشاكل التى تواجهها الماكينه الحية، ثم أنظر فى الحلول الممكنة للمشكلة التى قد ينظر فيها مهندس ذى إدراك، وسوف أصل فى النهاية إلى الحل الذى اتخذته الطبيعة بالفعل. وهذا المثل الواحد هو بالطبع للإيضاح فحسب. وإذا تأثر مهندس بالخفافيش فإنه سيتأثر بأمثلة أخرى لاتحصى من التصميم الحى.

للخفافيش مشكلة هى: كيف تتبين طريقها فى الظلام. فهى تصطاد ليلا، ولاتستطيع استخدام الضوء ليساعدها فى العثور على الفريسة وتجنب العقبات. وتستطيع أن تقول أنه إذا كانت هذه مشكلة فهى من صنع الخفافيش أنفسها، مشكلة فى وسعها تجنبها ببساطة بأن تغير من عاداتها فتصطاد نهارا. ولكن اقتصاد النهار مستغل بالفعل استغلالا شديدا بواسطة مخلوقات أخرى مثل الطيور. وبافتراض أن ثمة كسب للعيش فى الليل، وبأفتراض أن المهن البديلة وقت النهار محتلة بأسرها، فإن الانتخاب الطبيعى سوف يحبذ الخفافيش التى تحاول اتخاذ مهنة الصيد ليلا. وفيما يعرض، فإن من المحتمل أن المهن الليلية ترجع وراءا إلى أسلافنا كلنا نحن الثدييات. فمن المحتمل أنه وقت أن كانت الديناصورات تهيمن على اقتصار النهار، فإن أسلافنا من الثدييات لم يتمكنوا من الإبقاء على حياتهم إلا لأنهم وجدوا طرقا لكسب العيش بالكاد فى الليل. ولم يتمكن أسلافنا من الخروج فى ضوء النهار بأعداد جوهرية إلا بعد الانقراض الجماعى الغامض للديناصورات الذى حدث منذ مايقرب من ٦٥ مليون سنة.

ولنعد إلى الخفافيش، إن لديها مشكلة هندسية: كيف تتبين طريقها وتعثر على فريستها فى غياب الضوء. والخفافيش ليست المخلوقات الوحيدة التى تواجه هذه المشكلة اليوم. فمن الواضح أن الحشرات الطائرة ليلا التى تفترسها الخفافيش يجب أن تتبين طريقها على نحو ما. وأسماك وحيتان أعماق البحار لديها ضوء قليل أو ليس لديها ضوء فى النهار أو الليل، لأن أشعة الشمس لاتستطيع اختراق الماء لمسافات بعيدة تحت سطحه. والسمك والدرافيل

(*) جهاز للكشف عن موقع الأشياء بواسطة انعكاس أمواج الصوت. (المترجم).

التى تعيش فى مياه موحلة لأقصى الدرجات لاتستطيع الرؤية، لأنه رغم وجود الضوء إلا أن مافى الماء من قذر يعوقه ويشتته. وثمه كثير من حيوانات حديثة أخرى تكسب عيشها فى ظروف تكون الرؤية فيها صعبة أو مستحيلة.

فإذا طرح السؤال عن كيفية المناورة فى الظلام، فما هى الحلول التى قد ينظر فيها المهندس؟ إن أول حل قد يتبادر له هو صنع ضوء، أو استخدام مصباح، أو كشاف. واليراعة وبعض أنواع السمك لها القدرة على صنع ضوئها الخاص بها (وذلك عادة بمساعدةالبكتريا)، على أنه يبدو أن هذه العملية تستهلك قدرا كبيرا من الطاقة. وتستخدم اليراعات ضوءها لجذب رفيق جنسها. وهذا لايتطلب طاقة يبلغ من كبرها أن تكون محظورة: فقضيب الذكر جد الصغير يمكن أن تراه الأنثى على بعض مسافة فى الليلة المظلمة، ذلك أن أعينها تتعرض مباشرة لمصدر الضوء نفسه. أما استخدام الضوء ليتبين الواحد طريقه نفسه فيما حوله فيتطلب قدرا من الطاقة أعظم كثيرا، ذلك أنه يكون على الأعين أن تكتشف ذلك الجزء الضئيل من الضوء الذى يرتد من كل جزء من المشهد. وهكذا فإذا كان مصدر الضوء سيستخدم كضوء كاشف لإنارة المسار، فإنه يجب أن يكون أنصع بدرجة هائلة مما لو كان سيستخدم كإشارة للآخرين. وعلى أى وسواء كانت تكلفة الطاقة هى السبب أم لم تكن، فإن مايبدو عليه الحال هو أنه، بجواز استثناء بعض السمك العجيب فى أعماق البحار، لايوجد حيوان سوى الإنسان يستخدم ضوءا مصنوعا لتبين طريقه.

أى شئ آخر يمكن أن يفكر فيه المهندس؟ حسن، يبدو أحيانا أن العميان من البشر يكون لديهم حس خارق بالعقبات التى فى طريقهم. وقد سمى ذلك «الرؤية الوجهية» لأن العميان يقررون أنهم يشعرون بشئ يشبه نوعا الإحساس باللمس على الوجه. ويروى أحد التقارير أن صبيا أعمى تماما كان يستطيع ركوب دراجته الثلاثية بسرعة جيدة حول مجموعة المبانى القريبة من منزله مستخدما «الرؤية الوجهية». وقد بينت التجارب أن «الرؤية الوجيهة» هى فى الحقيقة لاشأن لها باللمس أو جبين الوجه، رغم أن الإحساس قد يكون «محولا» إلى جبين الوجه، مثل الألم المحول(*) فى الطرف الشبح (المبتور). وقد ثبت فى

(*) Referred pain ألم مصدره مكان فى الجسم إلا أن الاحساس به يتحول إلى مكان آخر كأن يصاب القلب فيتحول إحساس الألم إلى الكتف. (المترجم).

النهاية أن الإحساس «بالرؤية الوجهية» إنما يأتى حقا من خلال الأذنين. فالعميان، دونما وعى بالحقيقة، يستخدمون بالفعل «أصداء» خطواتهم أنفسهم هى وأصوات أخرى، للإحساس بوجود العقبات. وقبل أن يُكتشف ذلك، كان المهندسون قد جهزوا بالفعل أجهزة تستغل هذا المبدأ، كما مثلا لقياس عمق البحر أسفل سفينة. وبعد أن تم اختراع هذا التكنيك، لم يعد الأمر سوى مجرد مسألة وقت حتى يقوم مصممو الأسلحة بتطبيق التكنيك للكشف عن الغواصات. وقد اعتمد كلا الطرفين المتحاربين فى الحرب العالمية الثانية اعتمادا هائلا على هذه الأجهزة، التى أطلقت عليها أسماء شفرية مثل أزديك (بريطانى) وسونار (أمريكى)، كما أعتمدوا على التكنولوجيا المماثلة للرادار (أمريكى) أو RDF (بريطانى) التى تستخدم أصداء اللاسلكى بدلا من أصداء الصوت.

على أن رواد السونار والرادار لم يكونوا يعرفرون آنذاك، مايعرفه الآن العالم كله، وهو أن الخفافيش، أو بالحرى الانتخاب الطبيعى إذ يعمل على الخفافيش،قد وصل بهذا النظام إلى الكمال مبكرا بعشرات الملايين من السنين، فرادار الخفافيش يتوصل إلى إنجاز فذ من الاستكشاف والملاحة ينبهر له المهندسون إعجابا. وليس من الصواب تكنيكيا أن نتحدث عن جهاز رادار للخفاش، لأن الخفافيش لاتستخدم موجات اللاسكى، وإنما هو جهاز «سونار». على أن النظريات الرياضية التى فى الأساس من الرادار والسونار متشابهة جدا، والكثير من فهمنا العلمى لتفاصيل ماتفعله الخفافيش قد تأتى من تطبيق نظرية الرادار عليهم. وثمة عالم أمريكى للحيوان هو دونالد جريفن كان مسئولا إلى حد كبير عن اكتشاف السونار فى الخفافيش، وهو الذى صاغ مصطلح «تحديد الموقع بالصدى» Echo location ليغطى كلا من السونار والرادار، سواءا استخداما بواسطة الحيوان أو أجهزة الإنسان. ويبدو فى التطبيق أن الكلمة تستخدم أغلب الأمر للإشارة إلى سونار الحيوان.

والحديث عن الخفافيش كما لو كانت كلها متماثلة فيه لبس. والأمر يشبه أن تتكلم فى الوقت نفسه عن الكلاب، والأسود، وأبناء عرس، والدببة، والضباع، والباندا، وكلاب البحر، لمجرد أنها كلها لاحمات. مجموعات الخفافيش المختلفة تستخدم السونار بطرق مختلفة جذريا، يبدو أنها قد «ابتكرتها» على حدة وبصورة مستقلة، تماما مثلما نشأ الرادار

على نحو مستقل عند البريطانيين، والألمان، والأمريكان. والخفافيش لاتستخدم كلها تحديد الموقع بالصدى. فخفافيش الفاكهة الاستوائية فى العالم القديم ذات إبصار جيد، ومعظمها لاتستخدم سوى عينيها لتبين طريقها. على أن ثمة نوعا أو نوعين من خفافيش الفاكهة، مثل نوع روزيتاس Rousettus، لها القدرة على تبين طريقها فى الظلام المطلق، حيث ينبغى أن تكون الأعين عاجزة مهما كان أبصارها جيدا. فهى تستخدم السونار، ولكنه نوع من السونار أكثر بدائية مما تستخدمه الخفافيش الأصغر التى ألفناها نحن فى المناطق المعتدلة. وخفاش الروزيتاس يطرقع لسانه وهو يطير طرقعة عالية ذات إيقاع، وهو يوجه مساره بقياس الفترة الزمنية بين كل طرقعة وصداها. وثمة نسبة كبيرة من طرقعات الروزيتاس تكون مسموعة لنا بوضوح (وحسب التعريف فإن هذا يجلعها طرقعات صوتية وليست فوق صوتية: والموجات فوق الصوتية تماثل الصوتية تماما إلا أنها أعلى من أن يسمعها البشر).

ونظريا، فإنه كلما زادت طبقة الصوت زادت صلاحيتها للسونار الدقيق. ذلك أن الأصوات ذات الطبقات المنخفضة لها موجات طويلة بحيث لاتستطيع تحديد الفارق بين الأشياء التى يتقارب موقعها. وإذن، فمع تساوى كل العوامل الأخرى، فإن القذيفة التى تستخدم الأصداء لتوجيه مسارها يكون الأمثل لها أن تصدر أصواتا ذات طبقات عالية جدا. ومعظم الخفافيش تستخدم حقا بالفعل أصواتا ذات طبقات عالية إلى أقصى حد، هى أعلى كثيرا من أن يسمعها البشر ـ أى فوق صوتية. وعلى خلاف خفافيش الروزيتّاس، التى تحسن الرؤية إلى حد بالغ والتى تستخدم أصواتا غير معدلة ذات طبقة منخفضة نسبيا لتقوم بدور متواضع لتحديد الموضع بالصدى حتى تدعم إبصارها الجيد، فإن الخفافيش الأصغر تظهر مثل ماكينات للصدى هى تكينكيا على درجة راقية من التقدم. وهى ذات أعين دقيقة الصغر، يحتمل فى أغلب الأحوال أنها لاتستطيع أن ترى كثيرا. وهى تعيش فى عالم من الأصداء، ومن المحتمل أن أمخاخها يمكنها استخدام الأصداء لتصنع شيئا مماثلا «لرؤية» الصور، وإن كان مما هو أكثر من المحال بالنسبة لنا أن «نتصور» مايمكن أن تشبهه هذه الصور. وأصوات الضجيج التى تحدثها هذه الخفافيش لاتعلو قليلا فحسب عما يمكن للبشر سماعه، وكأنها نوع فائق لصفارة الكلاب، وإنما هى فى أحوال كثيرة أعلى إلى حد هائل من أعلى نغمة سمعها أى فرد أو يستطيع تصورها. ويتفق أنه من

حسن الحظ أننا لانستطيع سماعها، ذلك أنها قوية إلى حد هائل ولو تمكنا من سماعها فإنها ستكون عالية بما يحدث الصمم، وبما يستحيل معه النوم.

وتشبه هذه الخفافيش أن تكون مصغرا لطائرات التجسس التى تعج بالأجهزة المعقدة. وأمخاخها هى حزم من مصغرات لآلات الكترونية سحرية مضبوطة برهافة، قد برمجت برمجة بارعة بما يلزم لفك شفرة عالم من الأصداء فى الوقت الصحيح. ووجوهها كثيرا ما تكون ممسوخة فى أشكال بشعة تبدو لنا شنيعة، إلى أن ندركها على ماهيئت له، كآلات شكلت بإتقان لإشعاع الموجات فوق الصوتية فى الاتجاهات المطلوبة.

ورغم أننا لايمكننا أن نسمع مباشرة النبضات فوق الصوتية لهذه الخفافيش، إلا أننا نستطيع الحصول على بعض فكرة عما يحدث عن طريق ماكينة للترجمة أو «كشاف للخفاش». وتتلقى هذه الماكينه النبضات من خلال ميكروفون خاص فوق صوتى، وتحول كل نبضة إلى طرقعة مسموعة أو نغمة تستطيع سماعها من خلال سماعات على الرأس. وإذا أخذنا كشاف الخفافيش هذا إلى الخلاء فى الخارج حيث يقتات الخفاش، فسوف نسمع «متى» تصدر كل نبضة عن الخفاش، وإن كنا لانستطيع أن نسمع مايكون عليه «صوت» هذه النبضات واقعيا. ولو كان خفاشنا من نوع ميوتس Myotis، وهو أحد الخفافيش الصغيرة البنية الشائعة، فسوف نسمع أثناء ترحال الخفاش فى مهمة روتينية طرقعات متتابعة بسرعة تبلغ حوالى عشرة طرقعات فى الثانية. وهذه سرعة تقارب سرعة طابع الأخبار Teleprinter القياسى، أو مدفع رشاش من نوع برن.

ويمكن افتراض أنه بالنسبة للخفاش فإن صورة العالم الذى يجوس من خلاله تتجدد عشر مرات فى الثانية. أما الصورة البصرية عندنا نحن فيبدو أنها تتجدد باستمرار ما دامت أعيننا مفتوحة. ويمكننا أن نرى كيف يبدو العالم لو كانت صورته لدينا تتجدد على فترات متقطعة، إذا استخدمنا المنظار الدوار Stroboscope ليلا. ويستخدم هذا أحيانا فى ملاهى الديسكو، فتكون له بعض آثار درامية. ويبدو الشخص وهو يرقص كما لو كان تتاليا من أوضاع جامدة كالتماثيل. ومن الواضح أننا كلما زدنا سرعة الدوران، أصبحت الصورة مطابقة أكثر للرؤية السوية «المستمرة». وعندما تكون «عينات» الرؤية بالمنظار الدواربنفس سرعة الخفاش أثناء ترحاله التى تقارب عشر عينات فى الثانية، فإنها تكاد تكون رؤية صالحة

لبعض الأغراض العادية مثلما تصلح الرؤية السويّة «المستمرة»، وإن كانت لاتصلح للإمساك بكرة أو حشرة.

هذه بالضبط هى سرعة الخفاش فى أخذ العينات أثناء رحلة طيران روتينية. وعندما يكتشف الخفاش البنى الصغير حشرة ويبدأ الحركة فى مطاردة اعتراضية، فإن سرعة طرقعاته ترتفع. وبسرعة تفوق المدفع الرشاش يمكن أن تصل النبضات إلى قمة سرعتها وهى ٢٠٠ نبضة فى الثانية، وذلك عندما يطبق الخفاش فى النهاية على هدفه المتحرك. ولتقليد ذلك فإننا ينبغى أن نزيد من سرعة المنظار الدوار بحيث تنبثق ومضاته بسرعة تصل إلى ضعف سرعه دورات التيار الكهربائى الرئيسى، التى لاتلحظ فى شريط الضوء الفلورسنتى. ومن الواضح أننا لن نعانى من أى متاعب في أداء كل وظائفنا البصرية الطبيعية، حتى ونحن نلعب الاسكواش أو كره النضد، فى عالم من الرؤية تتم «نبضاته» على مثل هذا التردد العالى. ولو تخيلنا أن مخ الخفاش يبنى صورة للعالم تماثل صورنا البصرية، فإن سرعة النبض وحدها فيها ما يدل على أن الصورة بالصدى عند الخفاش يمكن على الأقل أن تكون مفصلة و«مستمرة» مثل صورتنا البصرية. وبالطبع فقد تكون ثمة أسباب أخرى حتى لا تكون مفصلة بمثل درجة صورتنا البصرية.

فإذا كانت الخفافيش قادرة على زيادة سرعة أخذ عيناتها إلى مائتى نبضة فى كل ثانية، فلماذا لاتبقى سرعتها هكذا طول الوقت؟ وحيث أن من الواضح أن لديها «مفتاح» ضبط للسرعة على «منظارها الدوار» فلماذا لاتشغّل هذا المفتاح دائما بأقصى سرعة، فتحتفظ هكذا بإدراكها للعالم بأكثر درجاته حدة طول الوقت، بحيث تستطيع مجابهة أى حالة طارئة؟ وأحد أسباب أن ذلك لايحدث هو أن هذه السرعات العالية لاتلائم إلا الأهداف القريبة.ولو أنطلقت نبضة فى التو فى أعقاب سابقتها فإنها تختلط بصدى صوت سابقتها وهو يرتد من هدف بعيد. وحتى لو لم يكن الأمر هكذا، فإن من المحتمل أن تكون ثمة أسباب اقتصادية قوية لعدم الإبقاء على أقصى سرعة للنبض طول الوقت. ولابد وأن إصدار نبضات فوق صوتية عالية هو أمر مكلف، مكلف فى الطاقة، ومكلف فى استهلاك الصوت والأذان، وربما يكون مكلفا فيما يتعلق بوقت الكمبيوتر. فالمخ الذى يتعامل

بتحديد مائتى صدى كل ثانية قد لايجد فائضا من القدرة للتفكير فى أى شئ آخر. بل إن إطلاق مايقرب فى سرعته من عشر نبضات فى الثانية ربما يكون جد مكلف، ولكنه أقل كثيرا فى تكلفته عن السرعة القصوى التى تصل لمائتى نبضة فى الثانية. والخفاش الواحد لو زاد من سرعة إطلاق نبضاته سيدفع ثمنا إضافيا من الطاقة، والمخ، لن يبرره زيادة السونار دقة. وعندما يكون الشئ الوحيد الذى يتحرك فى الجيرة المباشرة هو الخفاش نفسه، فإن العالم الظاهر يكون فيه تماثل كافى فيما يتعاقب من أعشار الثانية بحيث لايحتاج الأمر لأخذ عينات منه بتواتر أعلى من ذلك. وعندما تكون الجيرة متواثبة بشئ متحرك آخر، وبخاصه حشرة طائرة تلف وتدور وتغوص فى محاولة يائسة للتخلص من مطاردها، فإن ما يناله الخفاش من فائدة إضافية بزيادة سرعة أخذ العينات يصبح فيه مايبرر ارتفاع التكلفة وأكثر. وبالطبع فإن اعتبارات التكلفة والفائدة فى هذه الفقرة كلها من باب الظن، على أن شيئا مثل هذا يجب، بما يكاد يكون مؤكدا، أن يحدث.

وعندما يأخذ مهندس فى تصميم جهاز سونار أو رادار كفء فإنه سرعان ما يصل إلى مجابهة المشكلة الناجمة عن الحاجة لجعل النبضات عالية لأقصى حد. وهى يجب أن تكون عالية لأنه عند بث صوت ما فإن جبهة موجته تتقدم على شكل كرة تتسع أبدا. وتتوزع شدة الصوت، أو أنها بمعنى ماتصبح «مخففة» على سطح الكرة كله. ومساحة سطح أى كرة تتناسب مع مربع نصف القطر. وإذن فإن شدة الصوت عند أى نقطة بعينها على الكرة تتناقص فى تناسب، ليس مع بعد المسافة (نصف القطر) وإنما فى تناسب مع مربع بعد المسافة من مصدر الصوت، وذلك أثناء تقدم جبهة الموجة، واتساع الكرة. ويعنى هذا أن الصوت يصبح أخفت بسرعة كبيرة نوعا، إذ يرحل بعيدا عن مصدره، وهو فى هذه الحالة الخفاش.

وعندما يصطدم هذه الصوت المخفف بشئ، كالذبابة مثلا، فإنه يرتد ثانيه منها. والآن فإن هذا الصوت المنعكس هو بدوره ينتشر من الذبابة فى جبهة موجة كروية متسعة. ولنفس السبب كما فى حالة الصوت الأصلى، فإنه يضمحل حسب مربع بعد المسافة من الذبابة. ووقت وصول الصدى إلى الخفاش ثانية، يكون اضمحلال شدته متناسبا، لامع بعد مسافة الذبابة من الخفاش، ولاحتى مع مربع بعد هذه المسافة، وإنما مع ماهو أشبه بمربع المربع ـ الأس الرابع للمسافة. وهذا يعنى أنه سيكون حقا صوت خافت جدا جدا. ويمكن التغلب على المشكلة فى جزء منها لو أن الخفاش أرسل الصوت بواسطة ما

يرادف البوق المكبر، بشرط أن يعرف مسبقا اتجاه الهدف. وعلى أى حال فإذا كان للخفاش مطلقا أن يتلقى أى صدى معقول من هدف بعيد، فإن الصرير الصادر عن الخفاش ينبغى أن يكون عند خروجه منه عاليا جدا بحق، والآلة التى تكتشف الصدى، أى الأذن، يجب أن تكون عاليه الحساسية للأصوات الخافتة جدا ـ الأصداء. وكما رأينا، فإن صيحات الخفافيش هى حقا عالية جدا فى الغالب، وأذانها حساسة جدا.

والآن فهاك المشكلة التى ستصدم المهندس الذى يحاول تصميم ماكينة مثل الخفاش. لو كان الميكروفون، أو الأذن، بمثل هذه الدرجة من الحساسية، فإنه سيكون فى خطر عظيم من أن يصيبه تلف شديد بسبب مايصدر من نبضات صوته نفسه ذات الارتفاع الهائل. وليس من المفيد محاولة التغلب على المشكلة بجعل الأصوات أكثر خفوتا، لأن الأصداء عندئذ ستصبح أخفت من أن تسمع. وليس من المفيد محاولة التغلب على «ذلك» بأن يجعل الميكروفون (الأذن) أكثر حساسية، حيث أن ذلك سيؤدى فحسب إلى جعله أكثر تعرضا للتلف من الأصوات الصادرة، وإن كانت الآن أخفت شيئا ما! فهذا الإشكال أمر ملازم للفارق الدرامى مابين شدة الصوت الصادر والصدى المرتد، وهو فارق تفرضه قوانين الفيزياء فرضا شديدا.

ماهو الحل الآخر الذى قد يخطر للمهندس؟ عندما اصطدم مصممو الرادار فى الحرب العالمية الثانية بمشكلة مماثلة، وقعوا على حل لها سموه رادار «الإرسال/ التلقى». فإشارات الرادار ترسل فى نبضات قوية جدا كما هو ضرورى. وهذه النبضات ربما ستؤدى إلى إتلاف الهوائيات ذات الحساسية العالية (قرون الإستشعار عند الأمريكان) التى تنتظر الأصداء الواهنة المرتدة. وفى دائرة «الإرسال/ التلقى» يتم فصل الهوائى المتلقى بصورة مؤقتة وذلك بالضبط قبل أن تحين لحظة إرسال النبض الصادر، ثم يعاد تشغيل الهوائى ثانية فى الوقت المناسب لتلقى الصدى.

والخفافيش قد أنشأت تكنولوجيا تحويل «الإرسال/ التلقى» منذ زمن طويل وطويل، لعله يبلغ ملايين السنين التى تسبق نزول أسلافنا من فوق الأشجار. وهى تعمل كالتالى. فى آذان الخفافيش ، مثلما فى أذاننا، ينتقل الصوت من طبلة الأذن إلى الخلايا الميكروفونية

الحساسة للصوت، عن طريق قنطرة من ثلاث عظام دقيقة تعرف (باللاتينية) باسم المطرقة، والسندان، والركاب، وذلك بسبب شكلها. وفيما يتفق، فإن طريقة تركيب هذه العظام الثلاث بما بينها من مفاصل، تماثل تماما ماقد يصممه مهندس لأجهزة من النوع عالى الدقة Hi Fi (*) من أجل أن تقوم بوظيفة ضرورية من «توافق ـ للمقاومة» - Impedance matching، على أن هذه قصة أخرى. وما يهمنا هنا هو أن بعض الخفافيش لها عضلات جيدة النمو ومثبتة فى الركاب والمطرقة. وعندما تنقبض هذه العضلات فإن العظام لاتنقل الصوت بالكفاءة اللازمة ـ فالأمر كما لو كُنت قد أخرست ميكروفونا بأن سددت بإبهامك غشاءه المتذبذب. ويستطيع الخفاش استخدام هذه العضلات ليوقف عمل أذنيه مؤقتا، وتنقبض هذه العضلات مباشرة قبل أن يبث الخفاش كل نبضة صادرة، وبذا تبطل عمل الأذنين بحيث لاتتلفهما النبضة العالية. ثم ترتخى العضلات بحيث تعود الأذنين إلى حساسيتهما القصوى تماما فى الوقت المناسب للصدى المرتد. ونظام تحويل الإرسال/ التلقى هذا لايصلح للعمل إلا إذا تم الاحتفاظ بدقة التوقيت بجزء من الثانية. والخفاش المسمى تاداريدا Tadarida له القدرة على قبض وإرخاء عضلات التحويل عنده بالتناوب خمسين مرة فى كل ثانية، محتفظا بتزامن محكم مع النبضات فوق الصوتية التى تشبه مدفعا رشاشا. إنه توقيت فذ هائل، يمكن مقارنته بحيلة بارعة استخدمت فى بعض الطائرات المقاتلة أثناء الحرب العالمية الأولى. فقد كانت مدافعها الرشاشة تطلق نيرانها «من خلال» المروحة، فى توقيت متزامن تزامنا حريصا مع دورة المروحة بحيث تمر الطلقات دائما بين ريش المروحة ولاتصيبها قط.

والمشكلة الثانية التى قد تقع لمهندسنا هى التالى. إذا كان جهاز السونار يقيس مسافة الأهداف بأن يقيس مدة السكون التى بين إطلاق الصوت وصداه المرتد ـ وهى الطريقة التى يبدو أن الروسيتّاس يستخدمها حقا ـ فإنه يبدو أنه يجب أن تكون الأصوات وجيزة جدا، نبضات متقطعة. فالصوت الطويل الممتد يظل مستمرا عندما يعود الصدى، وحتى لو أنه أخمد جزئيا بعضلات الإرسال/ التلقى، فإنه سيكون عقبة فى طريق الكشف عن

(*) أجهزة الكترونية (كالرادار مثلا) ذات دقة عالية فى استقبال الأصوات وبثها Hi Fi = High Fidelity. (المترجم).

الصدى. فمن الوجهة المثالية، يبدو أن نبضات الخفاش ينبغى أن تكون حقا موجزة جدا. على أنه كلما كان الصوت أشد إيجازا، زادت صعوبة جعله على درجة كافية من القوة بحيث ينتج صدى معقولا. ويبدو أن قوانين الطبيعة قد فرضت هكذا عقبة أخرى يؤسف لها ويجب التخلص منها. وثمة حلان قد يقعا للمهندسين العباقرة هنا، بل هما قد وقعا لهم فعلا عندما لاقوا المشكلة نفسها، وذلك مرة أخرى فى حالة الرادار المماثلة. وتفضيل أى من الحلين يعتمد على ما إذا كان الأمر الأكثر أهمية هو قياس مدى مسافة بعد الشئ عن الجهاز أو السرعة (سرعة تحرك الشئ بالنسبة للجهاز). والحل الأول هو مايعرف عند مهندسى الرادار بأنه «الرادار المغرد».

وفى وسعنا تصور إشارات الرادار كسلسلة من النبضات، على أن كل نبضة لديها مايسمى تردد الموجة الحاملة. وهذا مايماثل «الطبقة الصوتية» لنبضة صوتية. أو فوق صوتية وصيحات الخفاش، كما رأينا، لها سرعة ترديد للنبضات تبلغ العشرات أو المئات فى الثانية. وكل واحدة من هذه النبضات لها تردد للموجة الحاملة يبلغ من عشرات الآلاف الى مئات الآلاف من الدورات فى كل ثانية. وبكلمات أخرى، فإن كل نبضة هى صرخة من طبقة عالية. وبالمثل فإن كل نبضة رادار هى «صرخة» من موجات اللاسلكى، لها موجة حاملة ذات تردد عالى. والسمة المميزة للرادار المغرد هى أنه ليس فيه تردد ثابت للموجة الحاملة أثناء كل صرخة.وبدلا من ذلك، فإن تردد الموجة الحاملة ينقض لأعلى أو لأسفل بما يقارب الأوكتاف(*) Octave. فلو فكرنا فى الرادار بمثل ما يكون عليه مرادفه الصوتى، فإن كل بثة من الرادار يمكن النظر إليها على أنها مثل صفارة ذئب منقضة. وميزة الرادار المغرد، بالمقارنه بالنبضة ذات الطبقة الثابتة هى التالى، ليس من المهم أن تكون التغريدة الأصلية مازالت مستمرة أثناء عودة الصدى. فلن يختلط أمر أحدهما بالآخر. ذلك أن الصدى الذى يتم اكتشافه فى أى لحظة بعينها سيكون انعكاسا لجزء أكثر تبكيرا من التغريدة، وسيكون له بالتالى طبقة صوتية مختلفة.

ومصممو الرادار البشريون قد استفادوا من هذا التكنيك البارع. فهل من دليل على أن

(*) طبقة صوتية ـ جواب الصوت. (المترجم).

الخفافيش قد «اكتشفته» أيضا، مثلما أكتشفت نظام الإرسال / التلقى؟ حسن، الحقيقة أن أنواعا عديدة من الخفافيش تصدر بالفعل صيحات تنقض لأسفل، بما يقارب عادة أوكتافا أثناء كل صيحة. وصيحات صفارة الذئب هذه تعرف بالتردد المتغير (FM). ويبدو أنها بالضبط ما يطلب لاستغلال تكنيك «الرادار المغرد». على أنه يوجد حتى الآن من الأدلة ما يبين أن الخفافيش تستخدم التكنيك، لا لتمييز الصدى عن الصوت الأصلى الذى أصدرته، وإنما لمهمة أرهف هى تمييز الأصداء عن غيرها من الأصداء. فالخفاش يعيش فى عالم من الأصداء، أصداء من أشياء قريبة، ومن أشياء بعيدة، ومن أشياء على كل المسافات المتوسطة. وعلى الخفاش أن يفرز هذه الأصداء أحدها من الآخر. وهو إذا أصدر تغريدات صفارة ذئب منقضة لأسفل، فإن الفرز يتم ببراعة عن طريق طبقة الصوت. وإذا وصل صدى من شئ بعيد عائدا فى النهاية إلى الخفاش، فإنه سيكون صدى «أقدم» من الصدى الذى يصل فى الوقت نفسه عائدا من شئ قريب. وهكذا فإنه سيكون من طبقة أعلى، وعندما يجابه الخفاش بأصداء متصادمة آتية من أشياء عديدة، فإنه يستطيع تطبيق حكم التجربة: الطبقة الأعلى تعنى مسافة أبعد.

والفكرة البارعة الثانية التى قد تقع للمهندس، خاصة ذلك الذى يهتم بقياس سرعة هدف متحرك، هى الاستفادة بما يسميه الفيزيايئون «إزاحة دوبلر» Doppler Shift. ويمكن تسمية ذلك «ظاهرة عربة الإسعاف» لأن أكثر ظاهرة مألوفة له هى الانخفاض المفاجئ فى طبقة صوت صفارة إنذار عربة الإسعاف عندما تمر بسرعة عبر السامع. فإزاحة دوبلر يتم وقوعها كلما تحرك مصدر للصوت (أو الضوء أو أى نوع من الموجات) والمتلقى لهذا الصوت أحدهما بالنسبة للآخر. ومن الأسهل تصور أن مصدر الصوت لايتحرك وأن المستمع هو الذى يتحرك. ولنفرض أن صفارة إنذار على سطح أحد المصانع تعول باستمرار، فى نغمة واحدة طول الوقت. سوف ينتشر الصوت للخارج كسلسلة من الموجات. وهذه الموجات لايمكن رؤيتها، لأنها موجات من ضغط الهواء. ولو أمكن رؤيتها فإنها ستشبه الدوائر المتداخلة التى تنتشر للخارج عندما نرمى بالحصى وسط بركة ساكنة. ولنفرض أن تسلسل من الحصى يلقى إلى وسط البركة فى تتال سريع، بحيث تنتشر

الموجات باستمرار من وسط البركة. فإذا ربطنا قاربا صغيرا من لعب الأطفال عند نقطة ثابتة فى البركة، فإنه سوف يهتز فى إيقاع لأعلى ولأسفل عندما تمر الموجات من تحته. والتردد الذى يهتز به القارب يتماثل مع طبقة الصوت، ولنفرض الآن أن القارب بدلا من أن يكون مربوطا، فإنه يبحر عبر البركة فى الاتجاه العام للمركز الذى تنبع منه دوائر الموجات، فإنه سيظل يهتز لأعلى ولأسفل إذ يصطدم بجبهات الموجات المتتالية. على أن تردد إصطدامه بالموجات الآن سيكون أعلى، حيث أنه يتحرك متجها إلى مصدر الموجات، وهكذا فإنه سيهتز لأعلى ولأسفل بسرعة أكبر، ومن الناحية الأخرى، فإن القارب عندما يتجاوز مصدر الموجات ويبحر بعيدا للجهة الأخرى، فمن الواضح أن تردد اهتزازه لأعلى ولأسفل سوف يقل.

ولنفس السبب، فإننا عندما نسوق بسرعة دراجة آلية (الأفضل أن تكون هادئة) عبر صفارة إنذار معولة بأحد المصانع، فإننا كلما اقتربنا من المصنع تزيد طبقة الصوت: وآذاننا فى الواقع ستلتقط الموجات بسرعة أكبر مما لوظللنا جالسين بلا حراك. وبنفس النوع من المحاجة، فإنه عندما تتجاوز دراجتنا الآلية المصنع وتتحرك بعيدا عنه فإن طبقة الصوت ستنخفض. ولو توقفنا عن الحركة فسوف نسمع طبقة صوت صفارة الإنذار كما هى فى الواقع، فى وضع متوسط بين الطبقتين المزاحتين بإزاحة دوبلر. ويترتب على ذلك أننا لو عرفنا طبقة صفارة الإنذار بالضبط، فإن من الممكن نظريا حساب السرعة التى نتحرك بها إليها أو بعيدا عنا بمجرد الاستماع إلى الطبقة الصوتية الظاهرية، ومقارنتها بالطبقة «الحقيقية» المعروفة.

وتنطبق نفس القاعدة عندما يتحرك مصدر الصوت ويكون المستمع بلا حراك. وهذا هو السبب فى أنها تنطبق على عربات الإسعاف. ويقال فيما لايكاد يصدق أن كريستيان دوبلر نفسه برهن على ظاهرته باستئجار فرقة موسيقى نحاسية لتعزف من فوقة عربة قطار مفتوحة وهى تندفع عبر جمهور مستمعيه المذهولين. والمهم هنا هو الحركة النسبية، وفيما يختص «بظاهرة دوبلر» فإنه لايهم إذا كنا نعتبر أن مصدر الصوت يتحرك عبر الأذن، أو أن الأذن تتحرك عبر مصدر الصوت. وإذا مر قطاران فى اتجاهين مضادين، وكان كل منهما

يتحرك بسرعة ١٢٥ ميلا فى الساعة، فسوف يسمع المسافر فى أحد القطارين صفارة القطار الآخر وهى تنقض لأسفل من خلال إزاحة دوبلر ذات صورة درامية خاصة، حيث أن السرعة النسبية هنا هى ٢٥٠ ميلا فى الساعة.

و«ظاهرة دوبلر» تستخدم فى الكمائن الرادارية للسرعة، التى تستخدمها الشرطة لسائقى السيارات. فثمة جهاز ساكن يبث إشارات الرادار أسفل الطريق. وترتد موجات الرادار من السيارات المقتربة، ويتم تسجيلها بجهاز استقبال. وكلما زادت سرعة حركة السيارة، زاد تردد إزاحة دوبلر. وبمقارنة التردد الصادر بتردد الصدى المرتد فإن الشرطة، أو بالحرى جهازها الأوتوماتيكى، يستطيع حساب سرعة كل سيارة. وإذا كانت الشرطة تستطيع استغلال هذا التكنيك لقياس سرعة أشرار الطريق، فهل نجرؤ على أن نأمل فى أننا سنجد أن الخفافيش تستخدمه لقياس سرعة الحشرة الفريسة؟

إن الإجابة هى نعم. فالخفافيش الصغيرة المعروفة بخفافيش حدوة الحصان قد عرف عنها منذ زمن طويل أنها تبث صيحات نعيب طويلة ذات طبقة ثابتة بدلا من الطرقعات المتقطعة أو صفارات الذئب المتهابطة. وعندما أقول طويلة، فإنى أعنى طويلة بمستويات الخفاش. فما زالت صيحات النعيب هذه أقل طولا من عُشر الثانية. وكثيرا ما يكون هناك «صفارة ذئب» تتصل بنهاية كل صيحة نعيب، كما سوف نرى. ولنتخيل أولا، أن خفاش حدوة الحصان يصدر عنه همهمة متصلة من موجات فوق صوتية وهو يطير نحو شئ ثابت كشجرة مثلا. سوف تصطدم جبهات الموجات بالشجرة بسرعات متزايدة بسبب حركة الخفاش نحو الشجرة، ولو خُبأ ميكروفون فى الشجرة، فإنه سوف «يسمع» الصوت وقد تزحزح بإزاحة دوبلر لما هو أعلى طبقة وذلك بسبب حركة الخفاش. وليس من ميكروفون فى الشجرة، ولكن الصدى الذى ينعكس مرتدا من الشجرة سيتزحزح بإزاحة دوبلر لما هو أعلى طبقة على هذا النحو. والان فمع انسياب جبهات موجات الصدى مرتدة من الشجرة ومتجهة إلى الخفاش المقترب، فإن الخفاش مازال يتحرك بسرعة نحو الموجات. وإذن فسيكون هناك فى إدراك الخفاش لطبقة صوت الصدى قدر أكبر من إزاحة دوبلر لأعلى. فحركة الخفاش تؤدى إلى نوع من التضاعف لإزاحة دوبلر، التى يكون

مقدارها دالة دقيقة لسرعة الخفاش، بالنسبة للشجرة. وإذن فبمقارنة طبقة صوت صيحته بطبقة الصدى المرتد، يستطيع الخفاش نظريا (أو بالحرى آلة الكمبيوتر المحملة فى مخه) أن يحسب سرعة حركته نحو الشجرة. وإذا كان هذا لاينبئ الخفاش بقدر بعده عن الشجرة، إلا أنه رغم ذلك قد يكون فيه معلومات مفيدة جدا.

وإذا كان الشئ الذى يعكس الأصداء ليس شجرة ساكنة وإنما هو حشرة متحركة،فإن نتائج ظاهرة دوبلر ستكون أكثر تعقدا، إلا أن الخفاش مازال يستطيع حساب سرعة الحركة النسبية بينه هو نفسه وهدفه. ومن الواضح أن هذا هو بالضبط نوع المعلومات الذى تحتاجه قذيفة موجهه معقدة مثل الخفاش الصائد. والواقع أن بعض الخفافيش تقوم بحيلة تثير الاهتمام أكثر من مجرد بث صيحات نعيب ذات طبقة ثابتة ثم قياس طبقة الأصداء المرتدة. فهذه الخفافيش تضبط بدقة طبقة صيحات النعيب المنبعثة، بطريقة تحفظ طبقة الصدى ثابته بعد أن تتأثر بإزاحة دوبلر. وهى إذ تسرع نحو حشرة متحركة، فإن طبقة صيحاتها تتغير بثبات، وهى تتصيد بإستمرار الطبقات التى تحتاجها بالضبط لتحفظ الأصداء المرتدة فى طبقة محددة. وهذه الحلية البارعة تحفظ الصدى فى الطبقة التى تكون آذانها حساسة لها أقصى الحساسية ـ وهذا أمر هام لأن الأصداء خافته جدا. والخفافيش هكذا تستطيع الحصول على المعلومات اللازمة لحساباتها عن ظاهرة دوبلر، بأن تقيس الطبقة التى يلزم عليها الصياح بها حتى تصل إلى صدى ذى طبقة محددة. ولا أعرف إن كانتِ الأجهزة التى صنعها الإنسان، سواء السونار أو الرادار، تستخدم هذه الحيلة الحاذقة. على أنه على أساس مايبدو من أن أبرع الأفكار فى هذا المجال قد نشأت أولا بواسطة الخفافيش، فإنى لا أجد بأسا فى الرهان على أن الإجابة هى بنعم.

ولايمكن إلا أن نتوقع أن هذين التكنيكين المختلفين نوعا ما، تكنيك ظاهرة إزاحة دوبلر، وتكنيك «الرادار المغرد» هما تكنيكان مفيدان لأغراض خاصة مختلفة. وبعض جماعات الخفافيش تتخصص فى أحدهما، وبعضها فى الآخر. ويبدو أن بعض الجماعات تحاول الوصول إلى أحسن مافى المجالين، فترسل «صفارة ذئب» من نوع التردد المتغير موصولة بآخر (أو أحيانا بأول) «صحية النعيب» الطويلة ذات التردد الثابت. وثمة

حيلة طريفة أخرى لخفافيش حدوة الحصان تختص بحركات الأهداب الخارجية لآذانها. فبخلاف الخفافيش الأخرى، تحرك خفافيش حدوة الحصان الأهداب الخارجية لآذانها فى خفقات سريعة تتناوب أماما وخلفا. ومما يمكن تصوره أن هذه الحركة الإضافية السريعة لمسطح الاستماع منسوبة للهدف تسبب تعديلات مفيدة فى إزاحة دوبلر، تعديلات تعطى معلومات إضافية. فعندما تخفق الأذن فى إتجاه الهدف، فإن السرعة الظاهرية للحركة فى اتجاه الهدف تتزايد. وعندما تخفق الأذن بعيدا عن الهدف يحدث العكس. ومخ الخفاش «يعرف» اتجاه خفقان كل أذن، وهو يستطيع من حيث المبدأ أن يقوم بالحسابات اللازمة للاستفادة من المعلومات.

ولعل أصعب مشكلة تجابهها الخفافيش هى خطر «التداخل» غير المقصود من صيحات الخفافيش الأخرى. وقد كشفت التجارب البشرية عن أن من الصعب إلى حد مدهش تحويل الخفافيش عن مسارها بأن توجه إليها موجات فوق صوتية مصطنعة مرتفعة. ولعله من الممكن للمرء أن يتنبأ بذلك بالتبصر وراءا. فلابد وأن الخفافيش قد وصلت إلى حل لمشكلة تجنب التداخل من زمن بعيد. وثمة أنواع كثيرة من الخفافيش تأوى فى تجمعات هائلة فى كهوف لابد وأن فيها جلبة من الموجات فوق الصوتية والأصداء تصم الآذان، على أن الخفافيش رغم ذلك تستطيع الطيران سريعا بالكهف، متجنبة الجدران ومتجنبة أحدها الآخر فى ظلام كامل. كيف يستطيع الخفاش أن يتبع مسار أصدائه هو نفسه، ويتجنب أن يضلل بأصداء الخفافيش الأخرى؟ وأول حل قد يخطر لأحد المهندسين هو نوع من الشفرة للتردد: فقد يكون لكل خفاش تردده الخاص به تماما مثل محطات الراديو المنفصلة. وإلى حد ما فربما كان هذا هو ما يحدث، ولكنه على أى حال ليس بالقصة الكاملة.

إن طريقة تجنب الخفافيش للتداخل من الخفافيش الأخرى ليست مفهومة تماما، على أن ثمة إشارات مثيرة للإهتمام تأتت من التجارب التى تحاول إخراج الخفافيش عن مسارها. فقد ثبت فى النهاية أنه يمكنك أن تخدع بعض الخفافيش بفعالية لو أنك أعدت إصدار صيحاتها هى «أنفسها» إليها مع «تأخير» مصطنع، وبكلمات أخرى، أن تعطيها

أصداء زائفة لصيحاتها هى أنفسها. بل إن من الممكن، بالتحكم الحريص فى الجهاز الالكترونى الذى يؤخر الصدى المزيف، أن تجعل الخفافيش تحاول أن تحط على إفريز «وهمى». وأعتقد أن هذا هو المرادف الخفاشى للنظر إلى العالم من خلال عدسة.

ويبدو أن الخفافيش، ربما تستخدم شيئا ما نستطيع إن نسميه «مرشح الغربة». إن كل صدى متتالى من صيحات الخفاش نفسه ينتج صورة للعالم لها معناها بلغة من صورة العالم السابقة التى بنتها الأصداء الأقدم. وإذا سمع مخ الخفاش صدى لصيحة خفاش آخر، وحاول دمجها فى صورة العالم التى كوّنها من قبل، فلن يكون لها معنى. وسيبدو وكأن أشياء العالم قد تواثبت فجأة فى اتجاهات عشوائية مختلفة. وأشياء العالم الواقعى ليست بالتى تسلك بمثل هذه الطريقة المجنونة، وهكذا فإن المخ يستطيع على نحو آمن أن يرشح بعيدا ذلك الصدى الظاهرى على أنه ضوضاء فى الخلفية. وإذا قام إنسان بتجربة مد الخفاش «بأصداء» لصيحات الخفاش نفسه متأخرة أو معجلة صناعيا، فإن الأصداء الزائفة «سيكون» لها معنى بلغة صورة العالم التى سبق أن بناها الخفاش. فهذه الأصداء الزائفة يتقبلها مرشح الغربة لأنها مقبولة فى محيط الأصداء السابقة. وهى تجعل الأشياء تبدو مزاحة فى وضعها بقدر صغير فحسب، وهو مما يمكن توقع أن تفعله الأشياء فى العالم الحقيقى على نحو مقبول. ومخ الخفاش يعتمد على فرض أن العالم كما تصوره أى نبضة صدى واحدة سيكون إما هو العالم نفسه الذى صورته النبضات السابقة، أو هو يختلف اختلافا بسيطا فحسب: فلعل الحشرة المتعقبة مثلا، قد تحركت قليلا.

وثمة ورقة بحث مشهورة للفيلسوف توماس ناجل تسمى «ماذا يشبه أن يكون المرء خفاشا؟» والورقة ليست عن الخفافيش بقدر ماهى عن المشكلة الفلسفية لتصور ما «يشبهه» الامر عندما نكون أى شئ بخلاف مانحن عليه. على أن السبب فى أن الخفاش هو بالذات المثل الصالح بالنسبة لأحد الفلاسفة، هو أن خبرات الخفاش الذى يحدد الموضع بالصدى هى مما يفترض أنها غريبة ومختلفة بصورة خاصة عن خبراتنا. ولو أردت أن تشارك الخفاش خبرته، فيكاد يكون مؤكدا أنك ستضلّل إلى حد هائل لو ذهبت إلى داخل كهف، وصرخت أو قرعت ملعقتين معا، وقدرت واعيا الزمن الذى يمر حتى تسمع الصدى، ثم حسبت من ذلك مايجب أن يكونه بعد الجدار.

فليس فى هذا مايشبه ما يكونه الخفاش، مثلما أن ما يلى ليس بالصورة الجيدة لمايشبه ماتكونه رؤية الألوان: بأن تستخدم جهازا لقياس طول موجة الضوء الذى يدخل عينك: وإذا كانت الموجة طويلة، فإن ماتراه هو الأحمر، وإذا كانت قصيرة فإن ما تراه هو البنفسجى أو الأزرق. ويتفق أن من الحقائق الفيزيائية أن الضوء الذى نسميه أحمرا له موجه أطول من الضوء الذى نسميه أزرقا. وأطوال الموجات المختلفة تشغّل مافى شبكيتنا من الخلايا الضوئية الحساسة للأحمر والحساسة للأزرق. على أنه ليس من أثر لمفهوم طول الموجة فى إحساسنا الذاتى بالألوان. فسؤال «ماذا يشبه» أن نرى الأزرق أو الأحمر لايخبرنا عن أى ضوء هو ذو الموجة الأطول. وإذا كان ذلك مهما (وهو عادة ليس مهما)، فإن علينا فحسب أن نتذكره، أو أن نبحث عنه فى كتاب (وهذا ماأفعله دائما). وبالمثل، فإن الخفاش يدرك وضع الحشرة مستخدما مانسميه الأصداء. على أن من المؤكد أن الخفاش لايفكر بلغة تأخيرات الأصداء عندما يدرك وجود حشرة، بأكثر مما نفكر نحن بلغة طول الموجات عندما ندرك اللون الأزرق أو الأحمر.

والحقيقة أننى لو أجبرت على محاولة المستحيل، بأن أتخيل ماذا يشبه أن أكون خفاشا، لكنت أخمن أن تحديد الموضع بالصدى بالنسبة لهم، يشبه أن يكون كالرؤية عندنا. ونحن حيوانات مبصرة على نحو كامل بحيث أننا لانكاد ندرك كيف أن الرؤية مهمة معقدة للغاية. فالأشياء «هناك بالخارج»، ونحن نعتقد أننا «نراها» هناك بالخارج. على أنى أخال أن إدراكنا الحسّى هو حقا نموذج كمبيوتر بارع داخل مخنا، بنى على أساس معلومات تأتى من الخارج هناك، ولكنها تتحول فى الرأس إلى شكل تكون المعلومات فيه مما يمكن «استخدامه». فاختلاف طول موجات الضوء هناك بالخارج يتم تشفيره كاختلاف فى «اللون» فى نموذج الكمبيوتر الذى فى الرأس. والشكل هو والصفات الأخرى يتم إدخالها فى شفرة بنفس الطريقة، فتشفّر بصورة ملائمة للتناول. والإحساس بالرؤية بالنسبة لنا، يختلف تماما عن الإحساس بالسمع، ولكن هذا لايمكن أن يرجع بصورة مباشرة إلى الاختلافات الفيزيائية بين الضوء والصوت. فرغم كل شئ، فإن الضوء والصوت كلاهما يترجم بواسطة أعضاء الحس المختصة إلى نفس النوع من نبضات الأعصاب. ومن المستحيل أن نعرف من الصفات الفيزيائية لنبض العصب، إذا كان العصب

ينقل معلومات عن الصوت أو عن الشم. والسبب فى أن إحساس الرؤية يختلف تماما عن إحساس السمع وعن إحساس الشم هو أن المخ يجد أن من الملائم استخدام أنواع مختلفة من نموذج داخلى لعالم الرؤية، ولعالم الصوت، ولعالم الرائحة. فأحاسيس الرؤية والسمع تختلف تماما بسبب أننا «نستخدم داخليا» معلوماتنا البصرية ومعلوماتنا الصوتية بطرق مختلفة ولأغراض مختلفة. وليس هذا مباشرة بسبب من الاختلافات الفيزيائية بين الضوء والصوت.

ولكن الخفاش يستخدم معلوماته من «الصوت» للهدف نفسه بالضبط الذى نستخدم له معلوماتنا «البصرية». فهو يستخدم الصوت ليدرك، وليجدد باستمرار إدراكه، لوضع الأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد، تماما مثلما نستخدم الضوء. وإذن، فإن نوع نموذج الكمبيوتر الداخلى الذى يحتاجه هو نوع يلائم لأن يمثل داخليا الأوضاع المتغيرة للأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد. ونقطتى الأساسية هى أن الشكل الذى تتخذه خبرة الحيوان الذاتية سيكون خاصية لنموذج الكمبيوتر الداخلى. فهذا النموذج سيتم تصميمه، فى التطور، من أجل ملاءمته للتمثيل الداخلى المفيد، بصرف النظر عن المنبهات الفيزيائية التى تأتيه من الخارج. فالخفافيش وإيانا «نحتاج» نفس النوع من النموذج الداخلى لتمثيل وضع الأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد. وحقيقة أن الخفافيش تبنى نموذجها بمساعدة الأصداء، بينما نبنى نحن نموذجنا بمساعدة الضوء، هى مما لايتعلق بالموضوع. فالمعلومات الخارجية تترجم فى أى حالة إلى نفس النوع من نبضات الأعصاب فى طريقها للمخ.

وإذن، فإن ماأخمنه هو أن الخفافيش «ترى» بما يماثل كثيرا الطريقة التى نرى بها، رغم الاختلاف التام للوسط الفيزيائى الذى تتم به ترجمة العالم الذى «هناك فى الخارج» إلى نبضات عصبية ـ الموجات فوق الصوتية بدلا من الضوء. بل إن الخفافيش قد تستخدم لأغراضها الخاصة الأحاسيس التى نسميها نحن اللون، لتمثل أوجه اختلاف فى ذلك العالم الخارجى لاشأن لها بفيزياء أطوال الموجات، ولكنها تلعب دورا وظيفيا للخفاش، يماثل الدور الذى تلعبه الألوان لنا. ولعل ذكور الخفافيش قد نُسجت أسطح أجسادها

ببراعة بحيث تدرك الإناث الأصداء التى ترتد منها على أنها ذات لون بهى، حيث الصوت هنا مرادف لريش ثوب الزفاف لطائر الجنة. ولست أعنى هذا كمجرد استعارة غامضة. فمن الجائز أن ماتمارسه أنثى الخفاش من إحساس ذاتى عندما تدرك ذكرا هو حقا، على سبيل المثال، أحمر ناصع: نفس الإحساس الذى أمارسه عندما أرى البشاروش. أو على الأقل، فإن إحساس أنثى الخفاش بقرينها قد لايكون مختلفا عن إحساسى البصرى بطائر البشاروش، أكثر مما يكون إحساسى بالبشاروش مختلفا عن إحساس البشاروش البصرى بالبشاروش.

ويروى دونالد جريفن قصة عما حدث عندما ذكر لأول مرة هو وزميله روبرت جالامبوس لمؤتمر من علماء الحيوان المذهولين فى عام ١٩٤٠، اكتشافهما الجديد لحقائق تحديد الخفاش للموقع بالصدى. فقد أحس أحد العلماء المبرزين بشك مهين حتى أنه:

أمسك جالامبوس من كتفيه وهزه متذمرا لأننا لايمكن أن نعنى حقا مثل هذه الفكرةالشائنة. فالرادار والسونار مازالا من انجازات التكنولوجيا العسكرية التى تصنف على أنها سرية جدا، والتفكير فى أن الخفافيش قد تفعل أى شئ يماثل حتى ولو من بعيد أحدث انتصارات الهندسة الالكترونية هو مما يصدم معظم الناس ليس فقط كشئ غير معقول بل وكشئ منفر وجدنيا.

ومن السهل التعاطف مع هذا المتشكك المبرز. فهناك شئ ما جد إنسانى فى نفوره من هذا الإعتقاد. وهذا هو واقع القول: فالأمر بالضبط هو إنسانى. والأمر بالضبط هو أنه بسبب «عدم» قدرة حواسنا نحن الإنسانية على فعل ماتفعله الخفافيش، فإننا نجد أن من الصعب أن نصدقه. ولأننا لانستطيع أن نفهم الأمر إلا على مستوى الأدوات المصطنعة، والحسابات الرياضية على الورق، فإننا نجد أن من الصعب تخيل أن حيوانا صغيرا يفعله فى رأسه. على أن الحسابات الرياضية اللازمة لتفسير مبادئ الرؤية هى معقدة وصعبة بما يماثل ذلك تماما، ولم يجد قط أى فرد أى صعوبة فى تصديق أن الحيوانات الصغيرة تستطيع أن ترى. والسبب فى هذا المعيار المزدوج من تشككنا، هو ببساطة أننا نستطيع أن نرى ولانستطيع تحديد الموضع بالصدى.

وفى وسعى أن أتصور عالما ما آخر حيث يُعقد مؤتمر من مخلوقات مثقفة وعمياء تماما، تشبه الخفافيش، ويصيبها الوجوم إذ يقال لها أن ثمة حيوانات تدعى البشر هى بالفعل قادرة على تبين طريقها فيما حولها باستخدام تلك الأشعات غير المسموعة التى اكتشفت حديثا وتسمى «الضوء»، والتى مازالت موضوع إنشاء جهاز عسكرى سرى جدا. وهؤلاء البشر، ذوى الإمكانيات المتواضعة فيما عدا ذلك، يكادوا يكونون صما بالكامل (حسن، إنهم يستطيعون السمع على نحو ما بل وينبسون بدمدمات معدودة بطيئة إلى حد الثقل، فى تمشدق عميق، على أنهم لايستخدمون هذه الأصوات إلا لأغراض بدائية مثل إتصال أحدهم بالآخر ، ولايبدو أنهم قادرون على استخدامها للكشف حتى عن أكبر الأشياء حجما. ولديهم بدلا من ذلك، أعضاءعلى درجة كبيرة من التخصص، تُدعى «الأعين»، لاستغلال أشعه «الضوء». والشمس هى المصدر الرئيسى لأشعة الضوء، والبشر يتمكنون على نحو رائع من استغلال الأصداء المعقدة التى ترتد من الأشياء عندما تسقط أشعة الشمس عليها. ولديهم أداة بارعة تسمى «العدسة»، يبدو أن شكلها محسوب رياضيا بحيث تكسر هذه الأشعة الصامته بطريقة يتم بها رسم خريطة فيها مطابقة الواحد للواحد بدقة، مابين الأشياء التى فى العالم و «صورتها» على طبقة من الخلايا تسمى «الشبكية». وهذه الخلايا الشبكية قادرة، بطريقة ما غامضة، على (مايستطع المرء أن يقول أنه) جعل الضوء «مسموعا»، وهى ترسل بمعلوماتها إلى المخ. وقد أظهر علماء الرياضة عندنا أن من الممكن نظريا، عن طريق القيام بما يناسب من حسابات ذات تركب بالغ، أن يقوم المرء بالملاحة بأمان خلال العالم مستخدماً أشعة الضوء هذه، بنفس الفعالية التى يستطيع المرء بها أن يقوم بالملاحة بالطريقة العادية مستدخدما الموجات فوق الصوتية ـ بل هو من بعض الأوجه يكون «أكثر» فعالية! ولكن من كان يظن أن الإنسان الوضيع يستطيع القيام بهذه الحسابات؟

إن السمع بالصدى عند الخفافيش هو فحسب مثل واحد من آلاف الأمثلة التى أستطيع أن اختارها لإثبات نقطة التصميم الجيد. فالحيوانات لها المظهر بأنها قد صممها فيزيائى أو مهندس محنك نظريا وبارع عمليا، ولكن ليس مايدل على أن الخفافيش نفسها تعرف أو تفهم النظرية بنفس المعنى الذى يفهمها به الفيزيائى. وينبغى تصور الخفاش

كمثيل «الجهاز» كمين الرادار البوليسى، وليس للشخص الذى صمم الجهاز. ومصمم رادار الشرطة لقياس السرعة قد فهم نظرية «ظاهرة دوبلر»، وعبر عن فهمه فى معادلات رياضية، كتبت بوضوح على الورق. وفهم المصمم قد جسد فى تصميم الجهاز، ولكن الجهاز نفسه لايفهم كيف يعمل. ويحوى الجهاز عناصر الكترونية، قد وصلت معا بحيث تقارن أتوماتيكيا ترددين للرادار وتحول النتيجة إلى الوحدات الملائمة ـ كذا ميل بالساعة. ونظام الحسابات المستخدم معقد، ولكنه بالضبط فى حدود قدرات صندوق صغير من عناصر الكترونيه حديثة موصولة على النحو الصحيح. وبالطبع، فإن مخا واعيا محنكا قد قام بالتوصيلات (أو على الأقل قد صمم الرسم التخطيطى للتوصيلات)، ولكن مامن مخ واع يشارك فى تشغيل الصندوق لحظة بلحظة.

وخبرتنا بالتكنولوجيا الالكترونية تهيؤنا لأن نتقبل فكرة أن ماكينة غير واعية تستطيع أن تسلك وكأنها تفهم أفكارا رياضية مركبة.وهذه الفكرة قابلة لأن تنقل مباشرة إلى ماتفعله الماكينة الحية. فالخفاش ماكينة، قد ثم توصيل الكترونياتها الداخلية بحيث أن عضلات أجنحته تجعله يقع على الحشرات، بمثل ماتقع قذيفة موجهة غير واعية على طائرة. وحتى الآن فإن ماحدسناه، مستمدا من التكنولوجيا، صحيح. على أن خبرتنا بالتكنولوجيا تهيؤنا أيضا لأن نرى تصميما هادفا فى تكوين الآلة المعقدة. وهذا الحدس الثانى هو الحدس الخطأ فى حالة الماكينة الحية. «فالتصميم» فى حالة الماكينة الحية هو للانتخاب الطبيعى غير الهادف، صانع الساعات الأعمى.

إنى لآمل أن يكون القارئ قد أصابه الروع كما أصابنى، وكما كان سيصيب وليم پالى، من جراء حكايات الخفافيش هذه. وقد كان هدفى فى ناحية منه متطابقا وهدف پالى. فلست أريد أن يبخس القارئ تقدير أعمال الطبيعة المذهلة والمشاكل التى نواجهها فى تفسيرها. ورغم أن تحديد الموضع بالصدى لم يكن معروفا فى زمن پالى، إلا أنه كان سيخدم هدفه تماما مثل أى من أمثلته. وقد وطد پالى محاجته بأن ضاعف أمثلته. وانطلق مباشرة خلال الجسد، من الرأس حتى أخمص القدم، مبينا كيف أن كل جزء، وكل تفصيل دقيق، هو بمثل التركيب الداخلى لساعة جميلة الصياغة. وإنى لأود أن أفعل

نفس الشئ من أوجه عديدة، ذلك أن هناك قصصا رائعة تروى، وأنا أحب حكاية القصص. على أنه ليس من حاجة حقا لمضاعفة الأمثلة، فمثل أو مثلان يؤديان الغرض. والفرض الذى يستطيع تفسير طريقة ملاحة الخفاش هو مما يصلح ترشيحه لتفسير أى شئ فى عالم الحياة، وإذا كان تفسير پالى لأى واحد من أمثلته تفسيرا خاطئا، فإننا لا نستطيع تصحيحه بأن نضاعف الأمثلة. والفرض الذى افترضه پالى هو أن الساعات الحية هى حرفيا قد صممت وبنيت كما هى. وفرضنا الحديث هو أن المهمة قد تمت بالانتخاب الطبيعى فى مراحل تطورية تدريجية.

واللاتطوريون فى زمننا هذا ليسوا مباشرين تماما مثل پالى. فهم لايشيرون إلى الآليات الحية المركبة ويقولون أنها بديهيا مصممة بهدف، مثلها مثل الساعة تماما. وإنما ثمه اتجاه للإشارة إليها والقول بأن «من المستحيل الاعتقاد» بأن تركبا كهذا، أو كمالا كهذا، يمكن له أن يتكون بالتطور بالانتخاب الطبيعى. وكلما قرأت تعليقا كهذا، أحس دائما بالرغبة فى أن أكتب فى الهامش «تكلم عن نفسك». وثمة أمثلة عديدة (قد عددت ٣٥ فى فصل واحد) فى كتاب حديث كتبه أسقف برمنجهام، هيومونتفيور، يدعى «الله والاحتمال». وسوف استخدم هذا الكتاب فى كل أمثلتى فى باقى هذا الفصل، لأنه محاولة مخلصة شريفة، من كاتب متنور حسن السمعة، لتحديث اللاهوت الطبيعى. وبعض أجزاء كتابه هى عن الفيزياء والكونيات. ولست بالكفاءة لأن أعلق على هذين، فيما عدا أن أذكر أنه يبدو أنه استخدم فيزيائيين أصليين كمراجع له. وليته فعل مثل ذلك فى الأجزاء البيولوجية. فهو لسوء الحظ فضل أن يرجع إلى مؤلفات أرثر كويستلر، وفريد هويل، وجوردون راترای ـ تايلور، وكارل بوبر! والأسقف يؤمن بالتطور، ولكنه لايستطيع الإيمان بأن الانتخاب الطبيعى هو تفسير كافى للمسار الذى اتخذه التطور (وذلك فى جزء منه بسبب أنه، مثل آخرين كثيرين غيره، يسئ فهم الانتخاب الطبيعى بصورة مؤسية على أنه «عشوائى» و «بلامعنى»).

وهو يستخدم استخداما مكثفا ماقد يسمى «المحاجة من الشك الذاتى». وفى سياق فصل واحد نجد الفقرات التالية بهذا الترتيب:

... لايبدو أن هناك تفسير على أسس داروينية.. ليس من السهل التفسير..هذا أمر يصعب فهمه.. ليس من السهل فهمه .. ويماثل ذلك صعوبة فى التفسير .. لاأجد من السهل إدراك الأمر .. لاأجد الأمر مما يسهل رؤيته .. وأجد أن من الصعب فهمه .. لايبدو الأمر قابلا للتفسير .. لست أرى كيف .. يبدو أن الداروينية الجديدة غير كفئة لتفسير الكثير من تعقيدات سلوك الحيوان .. ليس من السهل فهم كيف أن سلوكا كهذا يمكن أن يتطور فحسب من خلال الانتخاب الطبيعى .. هذا مستحيل .. كيف يمكن لعضو على هذا التركب أن يتكون بالتطور؟ .. ليس مما يسهل رؤيته .. من الصعب رؤية..

إن المحاجة من الشك الذاتى هى محاجة ضعيفة لأقصى حد، كما لاحظ داروين نفسه. وهى تتأسس فى بعض الحالات على مجرد الجهل. فإحدى الحقائق مثلا التى يجد الأسقف أنها صعبة على الفهم هى اللون الأبيض للدببة القطبية:

«وبالنسبة للتمويه، فإن هذا ليس مما يسهل تفسيره دائما على أساس فروض الداروينية الجديدة. وإذا كانت الدببة القطبية مهيمنة على القطب الشمالى، فإنه ليبدو أنها ليست بحاجة لأنه تطور لأنفسها لونا أبيض كشكل للتمويه».

وينبغى ترجمة ذلك كالتالى:

وأنا شخصيا، وأنا جالس فى ذهول فى غرفة مكتبى، ولم أزر قط القطب الشمالى، ولم أر قط دبا قطبيا فى البرية، وكدارس للأدب الكلاسيكى واللاهوت، لم أتمكن حتى الآن من التفكير فى سبب أن الدببة القطبية قد تستفيد من كونها بيضاء.

وفى هذه الحالة بالذات، فإن الفرض الذى يساق هو أن الحيوانات التى تحتاج الى التمويه هى فحسب الحيوانات التى تهاجم لتفترس. وما تغفل رؤيته هنا هو أن المفترسين يستفيدون أيضا من التخفى من فريستهم. والدببة القطبية تتسلل لمهاجمة الفقمات القابعة على الثلج فلو رأت الفقمه الدب قادما من بعد كاف، فإنها تستطيع الهرب. وفى ظنى أن الأسقف لو تخيل دبا قائما رماديا يحاول التسلل لمهاجمة الفقمات على الثلج، فإنه سيرى فى التو الإجابة عن مشكلته.

وحجة الدب الأبيض قد ثبت فى النهاية أنها مما يكاد يكون دحضه من السهولة بمكان، على أن هذا،بأحد المعانى الهامة، ليس هو النقطة الأساسية هنا. فالنقطة هى أنه لو عجز حتى أكبر عالم ثقة فى العالم عن تفسير ظاهرة بيولوجية ملحوظة، فإن هذا لا يعنى أنها مما لا يمكن تفسيره. وثمة أسرار كثيرة بقيت سرا طيلة قرون ثم خضعت للتفسير فى النهاية. ومعظم البيولوجيين المحدثين لن يجدوا من الصعب أن يفسروا فى النهاية كل مثل من أمثلة الأسقف الخمسة والثلاثين بما يجدر من تفسير فى حدود نظرية الانتخاب الطبيعى، رغم أنها ليست كلها فى سهولة مثال الدببة القطبية. ولكننا هنا لا نختبر البراعة البشرية. فحتى لو وجدنا مثلا واحدا «لانستطيع» تفسيره، فإننا ينبغى أن نتردد فى أن نستنبط من حقيقة عجزنا نحن أنفسنا أى استنتاجات مبالغ فيها. وداروين نفسه كان واضحا جدا بهذا الشأن.

وثمه أشكال أشد خطورة لمحاجة الشك الذاتى، أشكال لاتتأسس ببساطة على الجهل أو الافتقار للبراعة. فأحد أشكال المحاجة يستغل استغلالا مباشرا مانشعر به كلنا من أقصى الاحساس بالروعة عندما نواجه بماكينة على درجة كبيرة من التعقد، من مثل الإتقان المفصل لأداة تحديد الموضع بالصدى عند الخفافيش. والمعنى المتضمن هو أنه من البديهى على نحو ما أن أى شئ رائع هكذا لايمكن إحتمال تكونه بالتطور بالانتخاب الطبيعى. ويستشهد الأسقف، محبذا، بما ذكره ج. بنيت عن نسيج العنكبوت:

ويستحيل على من يراقب هذا العمل ساعات كثيرة أن يشك أى شك فى أن العناكب الحالية التى من هذا النوع لاهى ولا أسلافها قد كانوا قط المهندسين العماريين لبناء نسيج العش هكذا، أو فى أنه مما يمكن على نحو مفهوم أن يتم إنتاجه خطوة خطوة خلال تباين عشوائى، وسيكون ذلك من السخف بمثل إفتراض أن النسب المضبوطة المعقدة للبارثينون قد تم إنتاجها بتكويم قطع المرمر معاً.

وهذا ليس مطلقا بالمستحيل. فهذا بالضبط ماأؤمن به إيمانا جازما، وإن لى بعض خبرة بالعناكب ونسيجها.

ويستمر الأسقف ليصل إلى العين البشرية، فيسأل بطريقة خطابية وفى معنى مضمن بأنه لاجواب لسؤاله، «كيف يمكن لعضو مركب هكذا أن يتكون بالتطور؟» وليس هذا بالمحاجة، وإنما هو ببساطة إثبات للشك. والأساس الكامن فى الشك الحدسى الذى نغرى جميعا بأن نحس به إزاء ماسماه داروين الأعضاء ذات أقصى الكمال والتعقد هو فى اعتقادى من شقين. فأولا ليس لدينا استيعاب حدسى لمدى ضخامة الزمن المتاح للتغير

التطورى. ومعظم المتشككين فى الانتخاب الطبيعى على استعداد للموافقة على أنه يمكن أن يؤدى لبعض التغيرات الصغيرة مثل اللون القاتم الذى طورته أنواع مختلفة من الفراشات منذ الثورة الصناعية(*). ولكنهم إذ يتقبلون ذلك يبنيون بعدها مدى صغر هذا التغير. وكما يؤكد الأسقف، فإن الفراشة القاتمة ليست «نوعاً جديدا». وأن أوافق على أن هذا تغير صغير، لايقارن بالتطور فى العين، أو فى تحديد الموضع بالصدى. على أنه بما يساوى ذلك، فإن الفراشة استغرقت فحسب مائة سنة لصنع تغيرها هذا. ومائة سنة تبدو لنا وكأنها زمن طويل، لأنها أطول من زمن حياتنا. أما بالنسبة للجيولوجى فإنها تكاد تكون أقصر ألف مرة مما يمكنه أن يقيسه عادة!

والأعين لاتتحجر فى حفرية، وهكذا فنحن لانعرف الزمن الذى استغرقته الأعين من نوع أعيننا للتطور من لاشئ إلى ماهى عليه حاليا من تعقد وكمال، ولكن الزمن المتاح يصل إلى عدة مئات من ملايين السنين. ولنفكر، من باب المقارنة، فى التغيير الذى أحدثه الإنسان فى زمن أقصر كثيرا عن طريق الانتخاب الوراثى للكلاب. ففى عدة مئات من السنين أو على الأقصى عدة آلاف من السنين، مضيفا من الذئب إلى الكلب البكينى، والبولدج، والشيهوهوا وكلب سان برنارد. آها، ولكن هذه مازالت «كلابا»، أليس كذلك؟ فهى لم تتحول إلى «صنف» مختلف من الحيوان؟ نعم، فإذا كان يريحك أن تتلاعب بالألفاظ هكذا، فإنك تستطيع أن تسميها كلها كلابا. ولكن فكر فقط فى الزمن المستغرق. هيا نمثل كل الوقت الذى استغرقه تطوير كل سلالات الكلاب هذه من الذئب، على أنه خطوة مشى عادية واحدة. وبنفس المقياس إذن، ما المسافة التى يجب أن تمشيها، لتعود وراءا إلى «لوسى» وصنفها، وهى أقدم الحفريات البشرية التى لايجادل فى أنها مشت منتصبة القوام؟ إن الإجابة هى حوالى ميلين. وماالمسافة التى يجب أن تمشيها لتعود وراءا إلى بداية التطور على الأرض؟ إن الإجابة هى أن عليك أن تقطع الطريق كله من لندن إلى بغداد. ولتفكر فى كم التغيير الكلى الذى استغرق فى المضى من الذئب إلى كلب الشيهوهوا، ثم أضرب ذلك فى رقم خطوات المشى من لندن إلى بغداد. وسيعطى هذا بعض فكرة لتخمين كم التغير الذى يمكننا توقعه فى التطور الطبيعى الحقيقى.

(*) مع انتشار المصانع وماتبثه من بقايا الوقود، تلوثت البيئة المحيطة بها بهذه البقايا وأصبحت الألوان فيها قاتمة، وحتى تحمى الفراشات نفسها من مفترسيها طورت لنفسها لونا قاتما يماثل البيئة المحيطة فلا يجعل الفراشة ظاهرة. (المترجم).

والأساس الثانى لتشككنا الطبيعى بشأن تطور الأعضاء بالغة التركب مثل أعين البشر وآذان الخفافيش هو تطبيق حدسى لنظرية الاحتمالات. ويستشهد الأسقف مونتفيور بما ذكره س.إ.رافن عن طيور الوقواق. فهى تضع بيضها فى أعشاش الطيور الأخرى، التى تقوم بعدها بدور الآباء المتبنين دون وعى. ومثل الكثير من التكيفات البيولوجية الأخرى، فإن تكيف الوقواق ليس تكيفا أحاديا ولكنه تكيف متعدد. فثمة حقائق عديدة مختلفة عن طيور الوقواق تجعلها مهيأة لأسلوب حياتها الطفيلى. فالأم مثلا، تعودت وضع بيضها فى عش الطيور الأخرى، والوليد تعود رمى أفراخ المضيف نفسه خارج العش. وكلتا العادتين تساعد الوقواق على النجاح فى حياته الطفيلية. ويستمر رافن قائلا:

وسنرى أن كل ظرف من هذه الظروف المتعاقبة هو ضرورى لنجاح الكل. إلا أن كل واحد بذاته لافائدة منه. فلا بد وأن «الكيان المتكامل» كله مما تم إنجازه متزامنا. ونسبة الفرص ضد وقوع مثل هذه السلسلة من الصدف عشوائيا، هى كما ذكرنا من قبل رقم فلكى.

والحجج من هذا النوع هى من حيث المبدأ أكثر وجاهة عن الحجة المؤسسة على مجرد الشك العارى. فقياس قلة احتمال فكرة إحصائيا هو الطريق الصحيح للقيام بتقييم مصداقيتها. والحقيقة أنها طريقة سوف نستخدمها مرات عديدة فى هذا الكتاب. ولكنها مما يجب القيام به على نحو صحيح! وثمة خطأن فى المحاجة التى ساقها رافن. فأولا، هناك الخلط المعتاد، والذى يجب أن أقول أنه خلط مستفز، بين الانتخاب الطبيعى و«العشوائية». إن الطفرة عشوائية؛ أما الانتخاب الطبيعى فهو على العكس تماما من العشوائية. وثانيا: إنه ليس من «الحق» قط أن «كل واحد بذاته لافائدة منه». وليس من الحق أنه يجب أن يكون العمل المتكامل كله قد تم إنجازه متزامنا. وليس من الحق أن كل جزء ضرورى لنجاح الكل. ووجود نظام بسيط بدائى نصف مكتمل، لعين ـ أو أذن ـ أو لنظام تحديد الموضع بالصدى ـ أو لنظام تطفل الوقواق.. الخ، هو أفضل من لاشئ على الإطلاق. ومن دون عين تكون أعمى تماما. وبنصف عين ربما أمكنك على الأقل أن تكتشف الاتجاه العام لحركة حيوان مفترس، حتى ولو لم تتمكن من أن تضبط له صورة واضحة عند البؤرة. وقد يكون فى هذا الفارق كله بين الحياة والموت. وسيتم تناول هذه الأمور ثانية بتفصيل أكبر فى الفصلين القادمين.

تغير صغير متراكم

رأينا كيف أن الأشياء الحية هى على درجة من قلة الاحتمال وجمال التصميم بحيث لايمكن أن تتكون صدفة. فكيف تكونت إذن؟ والإجابة حسب داروين، هى بواسطة تحولات تدريجية خطوة فخطوة من بدايات بسيطة، من كيانات أولية بالغة البساطة. وكل تغير متتالى فى العملية التطورية التدريجية، هو من البساطة «بالنسبة لسابقة» بما يكفى لإمكان أن ينشأ صدفة، على أن التسلسل الكلى للخطوات التراكمية يتكون من أى شئ إلا أن يكون عملية من الصدفة. وذلك عندما تأخذ فى الاعتبار تركب المنتج النهائى بالنسبة لنقطة الابتداء الأصلية. فالعملية التراكمية يوجهها البقاء غير العشوائى. وهدف هذا الفصل هو أن يثبت أن قوة هذا «الانتخاب التراكمى» هى أساسا عملية لاعشوائية.

لو ذرعت شاطئا مليئا بالحصى جيئة وذهابا، ستلاحظ أن قطع الحصى ليست منظمة بطريقة عشوائية. فالقطع الأصغر تتجه بصورة نمطية لأن تتواجد فى مناطق منفصلة تمتد على طول الشاطئ، والقطع الأكبر فى مناطق أو خطوط مختلفة. فقطع الحصى يتم فرزها، أو تنظيمها، أو انتخابها. وقد تتعجب قبيلة تعيش قرب الشاطئ من هذا الدليل على الفرز أو التنظيم فى العالم، وقد تنشئ أسطورة لتفسره، لعلها ترجعه إلى أشباح هائلة لها عقل مرتب وحس بالنظام. وقد نبتسم تعاليا إزاء فكرة خرافية هكذا، ونفسر أن التنظيم قد قام به فى الواقع قوى فيزيائية عمياء، هى فى هذه الحالة من مفعول الأمواج. والأمواج ليس لها أهداف ولا نوايا، ولاعقل مرتب، وليس لها عقل على الإطلاق. وهى فحسب ترمى الحصى بنشاط فيما حولها، وتستجيب قطع الحصى الكبيرة والصغيرة لتناولها هكذا

بطريقة مختلفة، وبذا تنتهى إلى مستويات مختلفة من الشاطئ، لقد نشأ من لاترتيب قدر صغير من الترتيب، لم يخططه عقل.

والأمواج وقطع الحصى تؤلف معا مثلا بسيطا لنظام يولد اللاعشوائية بصورة أتوماتيكية. والعالم ملئ بمثل هذه النظم. وأبسط مثل يمكن أن أفكر فيه هو الثقب. فالأشياء الأصغر من الثقب هى وحدها التى تستطيع المرور منه. وهذا يعنى أنك لو بدأت بمجموعة عشوائية من الأشياء توضع فوق الثقب، ثم تهزها وتدفعها قوة ماعشوائيا، فإنه بعد فترة ستنتهى الأشياء فوق الثقب وتحته إلى فرز لاعشوائى. فالفضاء أسفل الثقب ينزع لأن يحوى الأشياء الأصغر من الثقب. والفضاء من فوقه ينزع لأن يحوى الأشياء الأكبر من الثقب. وبالطبع، فإن الجنس البشرى قد استغل منذ زمن طويل هذه القاعدة البسيطة لتوليد اللاعشوائية، فى الأداة المفيدة التى تسمى الغربال.

والنظام الشمسى هو تنظيم ثابت لكواكب، ومذنبات، وبقايا تدور فى فلك حول الشمس، ومن المفروض أنه نظام من كثير من النظم الفلكية التى فى الكون. وكلما زاد قرب الجرم التابع من شمسه كان عليه أن يتحرك بسرعة أكبر حتى يتغلب على جاذبية الشمس ويظل فى مدار ثابت. ولكل مدار بعينه سرعة واحدة فقط يستطيع التابع أن يتحرك بها بحيث يبقى فى المدار. ولو أنه تحرك بأى سرعة أخرى فهو إما أن ينطلق بعيدا فى عمق الفضاء ، أو أن يرتطم بالشمس، أو يتحرك فى مدار آخر. ولو نظرنا إلى كواكب نظامنا الشمسى، لرأينا كل واحد منها، ويا للعجب، يتحرك بسرعة هى بالضبط السرعة اللازمة لأن تبقيه فى مداره الثابت حول الشمس، وهذا مجرد «غربال» طبيعى آخر. ومن الواضح أن كل الكواكب التى نراها تدور حول الشمس يجب أن تتحرك بسرعة هى بالضبط مايلزم لإبقائها فى مداراتها، وإلا لما كنا رأيناها هناك، لأنها لن تكون موجودة هناك! فهذا ليس تصميما وإنما هو مجرد غربال من نوع آخر.

والغربلة على هذا المستوى من البساطة هى فى حد ذاتها غير كافية لأن تفسر المقادير الهائلة من النظام اللاعشوائى الذى نراه فى الأشياء الحية. وهى لاتكفى لذلك ولا بأى قدر. ولنتذكر مثال القفل الرقمى. ونوع اللاعشوائية التى يمكن توليدها بالغربلة البسيطة

يرادف بصورة تقريبية فتح قفل رقمى له حلقة أرقام واحدة: سيكون من السهل فتحه بمحض الحظ. ومن الناحية الأخرى، فإن نوع اللاعشوائية الذى نراه فى النظم الحية يرادف قفلا رقميا هائلا يكاد يكون له ما لايحصى من الحلقات. وأن يتولد جزئ بيولوجى مثل الهيموجلوبين، صبغة الدم الحمراء، بالغربلة البسيطة هو ما يرادف أن نأخذ كل وحدات بناء الهيموجلوبين من الأحماض الأمينية، ونخلطها معا عشوائيا ونحن نأمل أن جزئ الهيموجلوبين سيعيد تكوين نفسه بمحض الحظ . وقدر الحظ المطلوب لمثل هذه الإنجاز الفذ هو مما لايمكن التفكير فيه. وقد استخدمه إيزاك اسيموف وآخرون كتعبير قوى لما فيه تعجيز للعقل.

يتكون جزئ الهيموجلوبين من أربع سلاسل من الأحماض الأمينية مضفورة معا. ولننظر فى سلسلة واحدة فحسب من الأربع. إنها تتكون من ١٤٦ حامضا أمينيا. وهناك عشرون نوع مختلف من الأحماض الأمينية يشيع وجودها فى الأشياء الحية. وعدد الطرق الممكنة لتنظيم ٢٠ نوعا لشئ فى سلاسل يبلغ طولها ١٤٦ حلقة هو عدد هائل لايمكن إدراكه، يسميه أسيموف «عدد الهيموجلوبين». ومن السهل حساب الإجابة، ولكن يستحيل تصورها. إن الحلقة الأولى من السلسلة التى يبلغ طولها ١٤٦ حلقة قد تكون أى حمض من الأحماض الأمينية العشرين المحتملة، والحلقة الثانية قد تكون أيضا أى حمض من العشرين، وهكذا فإن العدد المحتمل للسلاسل التى من حلقتين هو ٢٠×٢٠، أو ٤٠٠ والعدد المحتمل لسلاسل من ثلاث حلقات هو ٢٠×٢٠×٢٠ أو ٨٠٠٠. والعدد المحتمل للسلاسل التى من ١٤٦ حلقة هو العشرين مضروبة فى ذاتها إلى مايبلغ ١٤٦ مرة. وهذا عدد كبير لحد الإذهال. إن المليون هو واحد يتبعه ستة أصفار، والبليون (١٠٠٠ مليون) هو واحد يتبعه تسعة أصفار. والرقم الذى نطلبه، «عدد الهيموجلوبين»، هو (على وجه التقريب) واحد يتبعه ١٩٠ صفرا ! وهذه هى نسبة الفرص ضد أن يتفق الوقوع على الهيموجلوبين بالحظ. وجزئ الهيموجلوبين ليس فيه إلاجزء صغير جدا من تركب الجسم الحى. ومن الواضح أن الغربلة البسيطة، بذاتها، لاتقترب أدنى اقتراب من أن تكون قادة على توليد مقدار النظام الموجود فى شئ حى. فالغربلة عنصر ضرورى فى توليد النظام الحى، ولكنها أبعد كثيرا من أن تكون كل القصة. ثمة شئ آخر مطلوب. ولتفسير

هذه النقطة، سوف أحتاج لوضع فارق يميز بين الانتخاب «بخطوة واحدة»، والانتخاب «التراكمى». فالغرابيل البسيطة التى نظرنا أمرها حتى الآن فى هذا الفصل هى كلها أمثلة للانتخاب «بخطوة واحدة». أما التنظيم الحى فهو نتاج الانتخاب التراكمى.

والفارق الرئيسى بين الانتخاب بخطوة واحدة والانتخاب التراكمى هو التالى. الكيانات فى الانتخاب بخطوة واحدة، التى تُنتخب أو تُفرز، سواء قطع من الحصى أو أيا ما تكون، يتم فرزها مرة واحدة ونهائية. ومن الناحية الأخرى فإن الكيانات فى الانتخاب التراكمى «تتكاثر». أو بطريقة أخرى فإن نتائج عملية الغربلة تُلقم إلى غربلة تالية هى بدروها تلقم إلى ...، وهلم جرا. وتتعرض الكيانات إلى الانتخاب بالفرز عبر «أجيال» كثيرة في تعاقب. والمتج النهائى لجيل الانتخاب هو نقطة البداية لجيل الانتخاب التالى، وهكذا دواليك لأجيال كثيرة. ومن الطبيعى أن نستعير كلمات مثل «التكاثر» و«الجيل» لها ارتباطات بالأشياء الحية، لأن الأشياء الحية هى الأمثلة الرئيسية التى نعرفها للأشياء التى تساهم فى الانتخاب التراكمى. ولعلها فى التطبيق هى الأشياء الوحيدة التى تفعل ذلك. ولكنى فى هذه اللحظة لاأريد أن أذكر ذلك مباشرة وأفرض صحته جدلا.

أحيانا تبدو السحب فى أشكال مألوفة بفعل الريح إذ تنحتُها وتعجنها عشوائيا. وثمة صورة فوتوغرافية يكثر نشرها، التقطها طيار من طائرة صغيرة، فيها ما يبدو بعض الشئ كوجه ليسوع، يبرز من السماء. وكلنا قد رأينا سحبا تذكرنا بشئ ما ـ حصان بحر مثلا أو وجه باسم. وهذه المشابهات تأتى عن طريق الانتخاب بخطوة واحدة، أى بمصادفة واحدة. وهى بالتالى ليست شديدة التأثير. ومشابهة الأبراج الفلكية للحيوانات التى سميت عليها، العقرب والأسد وما إلى ذلك، هى مما لايحُدث تأثيرا تماما مثلما لاتؤثر تنبؤات المنجمين. ونحن لانحس من المشابهة بالانبهار الذى نحس به من التكييفات البيولوجية ـ نواتج الانتخاب التراكمى. ونحن نصف مثلا مشابهة حشرة ورقة الشجر للورقة، أو فرس النبى لباقة من الزهور الوردية بأنها عجيبة أو خارقة أو مذهلة. أما مشابهة سحابة لإبن عرس فلا تلفت الاهتمام إلا قليلا، ولاتكاد تستحق أن نلفت إليها نظر أحد رفاقنا. وفوق ذلك، فإن من المحتمل إلى حد كبير أن نغير تصورنا لما تشبهه السحابة بالضبط شبها أكبر.

«هــاملت» : أترى تلك السحابة هنالك تكاد تتخذ شكل الجمل ؟

«بولونيوس» : إجمالا ، إنها لتشبه الجمل حقا.

«هــاملت» : أظنها تشبه ابن عرس.

«بولونيوس» : أوافقك أنها تشبه ابن عرس.

«هــاملت» : أو أنها تشبه الحوت ؟

«بولونيوس» : تشبه الحوت تماما.

لست أعرف من هو أول من أشار إلى أن القرد، لو أتيح له الزمن الكافى، وهو يضرب عشوائيا فوق آلة كاتبة، فإنه سيتمكن من إنتاج كل أعمال شكسبير. والعبارة الفعالة هنا هى بالطبع لو أتيح له الزمن الكافى. دعنا نحدد نوع المهمة التى يواجهها قردنا هذا. لنفرض أن عليه، لا أن ينتج أعمال شكسبير كلها، وإنما أن ينتج فحسب جملة قصيرة «أظنها تشبه ابن عرس» Me thinks it is like a weasel، وسنجعل الأمر أسهل نسبيا بأن نعطيه آلة كاتبة لها لوحة مفاتيح محدودة، آلة فيها فحسب ٢٦ حرف (كبيرا)، ومفتاح للمسافات، ما الزمن الذى سيستغرقه لكتابة هذه الجملة الواحدة الصغيرة؟

إن الجملة فيها ٢٨ حرفا(*)، وإذن فلنفترض أن القرد سيقوم بسلسلة من «المحاولات» المنفصلة، تتكون كل منها من ٢٨ دقة على لوحة المفاتيح. ولو طبع الفقرة صحيحة يكون هذا نهاية التجربة. وإذا لم يفعل، فإننا نسمح له «بمحاولة» أخرى من ثمانية وعشرين حرفا. ولست على معرفة بأى قرد، ولكن لحسن الحظ فإن ابنتى التى تبلغ من العمر أحد عشر شهرا هى أداة ذات تمرس للعشوائية، وقد أثبتت طموحها الشديد لأن تسلك دور القرد الطابع. وهاك ماطبعته على الكمبيوتر:

UMMK JK CDZZ F ZD DSDSKSM

S SS FMCV PU I DDRGLKDXRRDO

RDTE QDWFDVIOY UDSKZWDCCVYT

H CHVY NMONBAYTDFCCVD D

(*) يقصد أحرف الجملة كما تكتب بالانجليزية بما فى ذلك المسافات بين الكلمات. (المترجم).

RCDFYYRM N DFSKD LD K WDWK
JJKAUIZMZI UXDKIDISFU MDKUODXI

ولما كان لابنتى اهتمامات أخرى تشغل وقتها، فقد اضطررت أن أبرمج الكمبيوتر بما يشبه الطفل أو القرد الطابع عشوائيا:

WDLDMNLTDT JBKWIRZR EZL MQCO P
Y YVMQKZPGXWVH GLAW FVCHQ YOPY
MWR SWTNUXMLCDLEUBX TQH NZ VJQF
FU OVOADVYKDGXDEK YVMOGGS VT
HZQZDSF ZIH IVPHZPEFP WVO VPMZ GF
GEW RGZ RPBCTPGQ MCKH FDBGW ZCCF

وهكذا وهكذا دواليك. وليس من الصعب حساب الزمن الذى ينبغى توقعه علي نحو معقول فى انتظار أن يطبع الكمبيوتر العشوائى (أو الطفل أو القرد) Me thinks it is like a weasel. لنفكر فى العدد الكلى من العبارات «المحتملة» ذات الطول الصحيح التى «يمكن» للقرد أو الطفل أو الكمبيوتر العشوائى أن يطبعها. إنه نفس نوع الحساب الذى قمنا به للهيموجلوبين، وهو ينتج لنا نتيجة كبيرة مشابهة. فهناك فى المكان الأول ٢٧ حرفا ممكنا (بحساب «المسافة» كحرف واحد). وفرصة أن يتفق وأن يحصل القرد بصواب على الحرف الأول ـ M ـ هى إذن فرصة ـ ١ من ٢٧. وفرصة أن يحصل بصواب على الحرفين الأولين ـ ME ـ هى فرصة حصوله بصواب على الحرف الثانى ـ E ـ (١ من ٢٧) «بفرض» أنه قد حصل أيضا بصواب على الحرف الأول ـM ـ، وبالتالى فهى ١/٢٧ ×١/٢٧، وهذا يساوى ١/٧٢٩. وفرصة أن يصل بصواب إلى الكلمة الأولى ـ ME THINKS ـ هى ١/٢٧ لكل من الحروف الثمانية، فيه إذن (١/٢٧ × ١/٢٧ × ١/٢٧) .. الخ، لثمان مرات، أو (١/٢٧) للأس الثامن. وفرصة وصوله بصواب إلى العبارة الكاملة المكونة من ٢٨ حرفا هى (١/٢٧) للأس ٢٨، بمعنى أنها (١/٢٧) مضروبة فى نفسها ٢٨ مرة. وهذه نسبة احتمال ضئيلة جدا، تقترب من

١ من ١٠.٠٠٠ مليون مليون مليون مليون مليون. ولإيضاح الأمر بصورة أخف، فإن العبارة التى نطلبها لن تأتى إلا بعد زمن طويل، دع عنك الحديث عن مؤلفات شكسبير الكاملة.

ويكفى هذا بالنسبة للانتخاب بخطوة واحدة من التباين العشوائى. فماذا عن الانتخاب التراكمى، بأى قدر ينبغى أن يكون هذا أكثر فعالية؟ إنه لأكثر فعالية إلى حد أكبر كثيرا جدا جدا، ولعله هكذا بأكثر مما ندركه أول وهلة، وإن كان الأمر مما يكاد يتضح عندما نتأمل بأكثر. وسنستخدم مرة أخرى جهازنا لكمبيوتر القرد، ولكن مع فارق حاسم فى برنامجه. إنه مرة أخرى يبدأ باختيار تعاقب عشوائى من ٢٨ حرفا، كما فى السابق تماما:

WDLMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P

ثم هو الآن «يستولد» من هذه العبارة العشوائية. فهو يكرر إعادة نسخها، ولكن مع وجود نسبة لفرصة معينة من الخطأ العشوائى فى النسخ ـ «طفرة». ويفحص الكمبيوتر عبارات الهراء الطافرة. «ذرية» العبارة الأصلية، ويختار إحداها التى تشبه العبارة المطلوبة شبهها أكثر ME THINKS IT IS LIKE A WEASEL» مهما كان هذا الشبه بسيطا. وفى مثلنا هذا فإنه يحدث أن العبارة الفائزة فى «الجيل» التالى هى:

WDLTMNLT DTJBSWIREZLMQCO P

ليس هذا بالتحسن الملحوظ! على أن العملية تتكرر، ومرة أخرى فإن الذرية «الطافرة» «تتولد من» العبارة، ويتم اختيار عبارة جديدة «فائزة» ويستمر هذا، جيلا بعد جيل. وبعد عشرة أجيال كانت العبارة المختارة للتوالد هى:

MDLDMNLS ITJISWHRZREZ MECS P

وبعد ٢٠ جيلا كانت هى:

MELDINLS IT ISWPRKE Z WECSEL

وعندها، فإن العين تخال واثقة أنها تستطيع أن ترى مشابهة بالجملة المطلوبة. وبعد ثلاثين جيلا لا يمكن أن يكون ثمة شك:

ME THINGS IT ISWLIKE B WECSEL

ويصل بنا الجيل الأربعين إلى الهدف فيما عدا حرف واحد:

ME THINKE IT IS LIKE I WEASEL

وقد تم الوصول نهائيا إلى الهدف فى الجيل الثالث والأربعين. ثم بدأت تشغيله أخرى، للكمبيوتر بعبارة:

Y YVMQLZP FJX WVHGLAWFVC HQX YOYPY,

لتمر عبر التالى (ومرة أخرى بتسجيل العبارة كل عاشر جيل فحسب).

Y YVMQKSPF TX WSHLIKE FV HQYSPY

YE THINK SPI TX ISHLIKE FA WQYSEY

ME THINKS IT ISSLIKE A WEFSEY

ME THINKS IT ISBLIKE A WEASES

ME THINKS IT ISJLIKE A WEASEO

ME THINKS IT IS LIKE A WEASEP

ووصلت إلى العبارة المطلوبة فى الجيل الرابع والستين. وفى تشغيلة ثالثة بدأ الكمبيوتر التالى:

G EWRGZRPB CTP GQMCKHFDBGW ZCCF

ووصل إلى ME THINKS IT IS LIKE A WEASEL بعد ٤١ جيلا من «التوالد» الانتخابى.

ولايهم هنا ما استغرقه الكمبيوتر بالضبط من الزمن ليصل إلى الهدف. وإذا كنت تريد أن تعرف، فإنه قد أنهى لى التمرين كله أول مرة بينما كنت فى الخارج للغذاء. فاستغرق مايقرب من نصف الساعة (وقد يعتقد بعض المتحمسين للكمبيوتر أن فى هذا بطء مفرط. والسبب هو أن البرنامج مكتوب بلغة BASIC وهى نوع من حديث للكمبيوتر كحديث الأطفال. وعندما أعدت كتابة البرنامج بلغة PASCAL، استغرق الأمر إحدى عشرة ثانية) فالكمبيوترات أسرع بعض الشئ من القرد بالنسبة لهذا النوع من الأمور، على

أن الفارق ليس فى الواقع بذى مغزى، فما يهم هو الفارق بين الزمن الذى يستغرقه الانتخاب «التراكمى»، والزمن الذى كان سيستغرقه نفس الكمبيوتر للوصول إلى العبارة المطلوبة. وهو يعمل بنفس السرعة المحددة، بينما هو مجبر على استخدام طريقة استخدام الأخرى، أى «الانتخاب بالخطوة الواحدة»: فالزمن هنا يقرب من مليون مليون مليون مليون مليون سنه. وهذا أكثر مليون مليون مليون مرة عن زمن وجود الكون حتى الآن. والواقع أنه سيكون أكثر إنصافا أن نقول فحسب، أنه بالمقارنة بالزمن الذى يستغرقه القرد أو الكمبيوتر المبرمج عشوائيا حتى يطبع عبارتنا المطلوبة، يكون عمر الكون كله حتى الآن كمًا صغيرا تافها، يبلغ من صغره أنه فى حدود هامش الخطأ لحسابات كتلك التى تكتب على ظهر مظروف. فى حين أنه بالنسبة للكمبيوتر الذى يعمل عشوائيا ولكن بقيد من «الانتخاب التراكمى» فإن الوقت الذى يستغرقه لأداء نفس المهمة هو من نفس نوع الوقت الذى يمكن للبشر عادة أن يفهموه، مابين ١١ ثانية إلى الوقت الذى يستغرقه تناول وجبة الغذاء.

هناك إذن فارق كبير بين الانتخاب التراكمى (حيث يُستخدم كل تحسين مهما كان صغيرا، كأساس للبناء فى المستقبل)، والانتخاب بخطوة واحدة (حيث كل «محاولة» جديدة هى محاولة حديثة). ولو كان على التقدم بالتطور أن يعتمد على الانتخاب بالخطوة الواحدة، لما وصل إلى شئ. أما إذا كان ثمة طريقة حيث يمكن أن تقام الظروف الضرورية للانتخاب «التراكمى» بقوى الطبيعة العمياء، فإن النتائج قد تصبح غريبة مدهشة. وواقع الأمر أن هذا هو ماحدث بالضبط فوق هذا الكوكب، ونحن أنفسنا نعد من أحدث هذه النتائج إن لم نكن أغربها وأكثرها إدهاشا.

ومن المذهل أنك مازلت تستطيع أن تقرأ عن حسابات مثل حساباتى للهيموجلوبين، تستخدم كما لو كانت تؤلف حججا «ضد» نظرية داروين. ويبدو أن الذين يفعلون ذلك، وهم أحيان كثيرة خبراء فى مجالهم، فى علم الفلك أو أيا مايكون، يؤمنون مخلصين أن الداروينية تفسر النظام الحى بلغة المصادفة وحدها ـ «الانتخاب بالخطوة الواحدة». وهذا الاعتقاد بأن التطور الداروينى «عشوائى»، ليس مجرد اعتقاد زائف.إنه عكس الحقيقة بالضبط. فالمصادفة عنصر ضئيل فى الوصفة الداروينية، أما أهم عنصر لها فهو الانتخاب التراكمى الذى هو فى جوهره «لاعشوائى».

إن السحب لاتستطيع الدخول فى انتخاب تراكمى. وليس من ميكانزم تستطيع فيه سحب من أشكال معينة أن تفرخ بنات سحاب تشبهها هى نفسها. ولو كان هناك ميكانزم هكذا، ولو كان يمكن للسحابة التى تشبه ابن عرس أو الجمل أن تنشئ سلالة من سحب أخرى لها تقريبا نفس الشكل، لكان للانتخاب الطبيعى هنا فرصة للعمل. وبالطبع، فإن السحب تتكسر فعلا وتكوّن أحيانا «بنات» سحاب؟ ولكن ليس فى هذا ما يكفى للانتخاب التراكمى. فمن الضرورى أيضا أنه ينبغى أن تكون «ذرية» أى سحابة بعينها مشابهة «لوالدها» «أكثر» مما تشبه أى «والد» كبير السن فى «العشيرة»(*) ومن الواضح أن هذه النقطة الحيوية المهمة هى مما يسئ فهمه بعض الفلاسفة الذين ثار اهتمامهم فى السنوات الأخيرة بنظرية الانتخاب الطبيعى. ومن الضرورى أيضا أنه ينبغى أن تكون فرص بقاء سحابة معينة وتفريخها للنسخ هى فرص تعتمد على شكلها. ولعل هذه الظروف قد نشأت بالفعل فى مجرة ما بعيدة، وتكون النتيجة لو مر زمن كافى من ملايين السنين هى شكل أثيرى رهيف للحياة. وقد يصنع هذا رواية علمية جيدة ـ يمكن تسميتها «السحابة البيضاء» ـ أما لأغراضنا فمن الأسهل أن نستوعب نموذجا للكمبيوتر يشبه نمـوذج القرد / شكسبير.

ورغم أن نموذج القرد / شكسبير يفيد فى تفسير الفارق بين الانتخاب بالخطوة الواحدة والانتخاب التراكمى، إلا أنه يؤدى إلى اللبس فى طرائق هامة. وإحداها هو أن كل جيل من «التوالد» الانتخابى، يكون الحكم فيه على عبارات «الذرية» الطافرة حسب معيار مشابهتها لهدف «مثالى بعيد»، هو عبارة METHIKS IT IS LIKE A WEA-SEL والحياة ليست هكذا. فالتطور ليس له هدف على المدى الطويل. وليس من هدف بعيد المسافة، ولاكمال نهائى يعمل كمعيار للانتخاب، وإن كان الغرور الإنسانى يتعلق بالفكرة السخيفة التى تقول أن نوعنا هو الهدف النهائى للتطور. ومعيار الانتخاب فى الحياة الواقعية، هو دائما قصير المدى، إما مجرد البقاء، أو بصورة أعم النجاح فى التكاثر. وإذا

(*) Population: العشيرة الوراثية والاحصائية أى المجموعة التى يمكن أخذ عينه إحصائية منهـا. (المترجم).

حدث بعد دهور من الزمن أن بدا بالتبصر وراءا وجود إنجاز لما يشبه أن يكون تقدما تجاه هدف مابعيد، فإن هذا يكون دائما نتيجة عارضة لأجيال كثيرة من انتخاب على المدى القصير. «فصانع الساعة» أى الانتخاب الطبيعى التراكمى، هو أعمى بالنسبة للمستقبل، وليس له هدف على المدى الطويل.

ويمكننا أن نغير نموذجنا للكمبيوتر لأخذ هذه النقطةفى الاعتبار، ونستطيع أيضا أن نجعله أكثر واقعية فى نواحى أخرى. فالحروف والكلمات هى ظواهر بشرية بوجه خاص، فهيا بنا نجعل الكمبيوتر يرسم بدلا منها صورا. ولعلنا حتى سوف نرى أشكالا شبه حيوانية تتطور فى الكمبيوتر، بانتخاب تراكمى للأشكال الطافرة. ولن نحكم على القضية مسبقا ببناء صور حيوانات خاصة فى البداية. وإنما نريدها أن تنبثق فحسب كنتيجة للانتخاب التراكمى لطفرات عشوائية.

وفى الحياة الواقعية، ينتج شكل كل فرد من الحيوان بواسطة نمو الجنين. والتطور يحدث لأنه يوجد فى الأجيال المتعاقبة فروق بسيطة فى النمو الجنينى. وهذه الفروق تحدث بسبب تغيرات (طفرات ـ وهذا هو العنصر العشوائى الصغير فى العملية التى تكلمت عنها) تحدث فى الجينات التى تتحكم فى النمو. وينبغى إذن أن يكون فى نموذجنا للكمبيوتر شئ ما يرادف نمو الجنين، وشئ ما يرادف الجينات التى تستطيع أن تطفر. وثمة سبل مختلفة نستطيع بها الوفاء بهذه المواصفات فى نموذج الكمبيوتر . وقد اخترت واحدا وكتبت برنامجا يشخصه. وسوف أصف الآن نموذج الكمبيوتر هذا، لأنى أظنه كاشفا للأمر.. وإذا كنت لاتعرف شيئا عن الكمبيوترات، فتذكر فحسب أنها ماكينات تفعل بالضبط ماتخبرها به ولكنها كثيرا ما تفاجئك بالنتيجة. وقائمة تعليمات الكمبيوتر تدعى البرنامج PROGRAM (وهذا هو الهجاء الأمريكى القياسى للكلمة، وهو أيضا مايوصى به قاموس اوكسفورد: والبديل PROGRAMME، الذى يشيع استخدامه فى بريطانيا، يبدو أنه تأثر متكلف متفرنس).

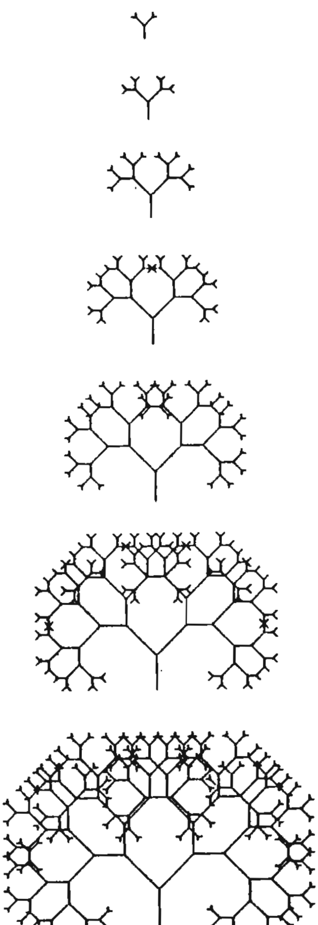
والنمو الجنينى عملية أكثر تعقدا من أن تُقلَد بصورة واقعية على كمبيوتر صغير.

ويجب أن نمثلها ببعض مثال مبسط، فيجب أن نعثر على قاعدة بسيطة لرسم الصور يمكن للكمبيوتر أن يلبيها بسهولة، ويمكن بعدها أن نجعلها تتباين من جراء تأثير «الجينات». فما هي قاعدة الرسم التى سنختارها؟ إن مراجع علم الكمبيوتر كثيرا ماتصور قوة مايسمونه البرمجة «التكرارية» RECURSIVE بواسطة طريقة بسيطة «لنمو شجرة». فيبدأ الكمبيوتر برسم خط عمودى واحد. ثم يتفرع الخط إلى اثنين. ثم ينقسم كل فرع إلى فرعين فرعيين. ثم ينقسم كل فرع فرعى إلى فرع فرع فرعى وهلم جرا. وهى «تكرارية» لأن القاعدة نفسها (وهى هنا قاعدة التفرع) تنطبق موضعيا على كل الشجرة النامية. ومهما كان كبر ماتنمو إليه الشجرة، فإن قاعدة التفرع نفسها تظل تطبق عند أطراف غصونها كلها.

وعمق «التكرارية» يعنى عدد أفرع أفرع ... الأفرع التى يُسمح بنموها قبل الوصول بالعملية إلى التوقف. ويبين شكل ٢ مايحدث عندما تخبر الكمبيوتر أن يتبع بالضبط قاعدة الرسم نفسها، ولكنه يواصل العمل لأعماق مختلفة من التكرارية. وفى المستويات الأعلى من التكرارية يصبح النمط معقدا إلى حد كبير، على أنك تستطيع أن ترى بسهولة فى شكل ٢ أنه مازال ناتجا من نفس قاعدة التفرع البسيطة جدا. وهذا بالطبع مايحدث بالضبط فى الشجرة الواقعية. فنمط التفرع عند شجرة السنديان أو التفاح يبدو معقدا، ولكنه فى الواقع ليس كذلك. فقاعدة التفرع الأساسية بسيطة جدا. ولأنها تُطبق تكراريا عند الأطراف النامية فى كل الشجرة ـ الأغصان تصنع أفرعا فرعية، وكل فرع فرعى يصنع فرعا فرع فرعى، وهلم جرا ـ فإن الشجرة ككل تنتهى بأن تصبح كبيرة كثيفة الأغصان.

والتفرع التكرارى فيه أيضا استعارة مجازية جيدة للنمو الجنينى للنباتات والحيوانات عموما. ولست أعنى أن أجنة الحيوان تشبه أغصان الشجر. فهى لاتشبهها. ولكن الأجنة كلها تنمو بانقسام الخلية. والخلايا تنقسم دائما إلى اثنتين أو بنتين من الخلايا. والجينات تُظهر دائما تأثيراتها النهائية على الأجساد بواسطة أوجه تحكم «موضعية» على الخلايا،

شكل رقم (٢)



وعلى أنماط انقسام الخلية بطريقة التفرع الثنائى، وجينات الحيوان ليست قط تصميما عظيما، أو طبعة مخطط زرقاء (Blue print)(*) للجسد كله. فالجينات، كما سوف نرى، هى أشبه بالوصفة منها بطبعة التصميم الزرقاء، وهى فوق ذلك وصفة، يكون ما يذعن لها «ليس» هو الجنين النامى ككل، وإنما تذعن لها كل خلية أو كل مجموعة محلية من الخلايا المنقسمة. ولست أنكر أن الجنين، هو والبالغ فيما بعد، كل منهما «له» شكل على مقياس كبير. إلا أن هذا الشكل ذى المقياس الكبير «ينشأ» بسبب الكثير من التأثيرات الخلوية المحلية الصغيرة فى الجسد النامى كله، وتتكون هذه التأثيرات المحلية أساسا من تفرعات ثنائية، على شكل انقسامات خلوية ثنائية. والجينات فى النهاية إنما تمارس تأثيراتها على الجسد البالغ بالتأثير فى هذه الأحداث المحلية.

وهكذا فإن قاعدة التفرع البسيط لرسم الأشجار تبدو كمثال واعد للنمو الجنينى. وبالتالى. فإننا سوف نلفها فى إحدى الطرق الصغيرة للكمبيوتر، ونضع عليها بطاقة **النمو**، ونستعد لضمها فى برنامج أكبر نضع عليه بطاقة **التطور**. وكخطوة أولى نحو كتابة هذا البرنامج الأكبر، فإننا الآن سنوجه اهتمامنا للجينيات. كيف سنمثل «الجينات» فى نموذجنا للكمبيوتر؟ الجينات فى الحياة الواقعية تفعل شيئين. فهى تؤثر فى النمو، وهى تمرّر إلى الأجيال المقبلة. والحيوانات والنباتات الواقعية فيها عشرات الآلاف من الجينات، ولكننا سنقتصر تواضعا فى نموذجنا للكمبيوتر على تسعة جينات. وكل واحد من الجينات التسعة سيمثله ببساطة رقم فى الكمبيوتر، سندعوه بأنه «قيمته». وقد تكون قيمة جين معين هى مثلا ٤، أو -٧.

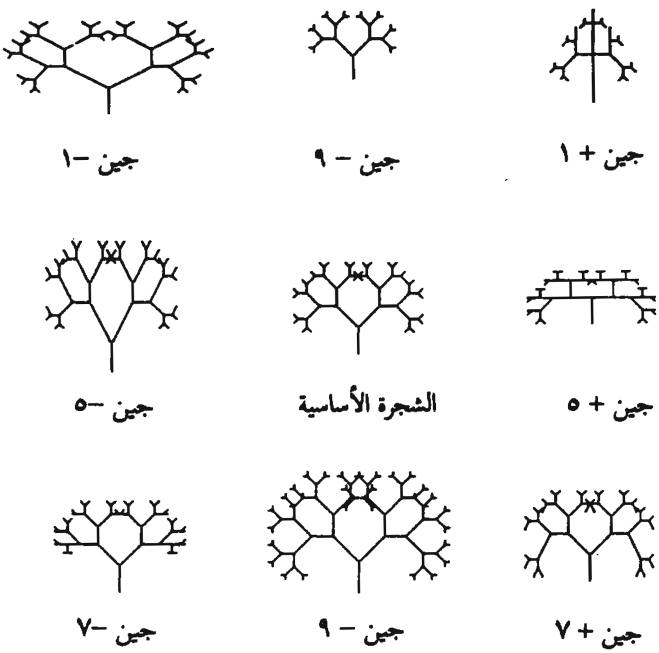
كيف سنجعل هذه الجينات تؤثر فى النمو؟ ثمة أشياء كثيرة يمكنها القيام بها. والفكرة الرئيسية هى أنها ينبغى أن تمارس بعض تأثير ضئيل كميا على قاعدة الرسم التى هى **النمو**. فأحد الجينات مثلا قد يؤثر فى زاوية التفرع، والآخر قد يؤثر فى طول فرع ما معين. ومن الأمور الواضحة الأخرى التى يقوم بها الجين، التأثير فى عمق التكرارية، أى عدد التفرعات المتتالية. وقد جعلت للجين ٩ هذا التأثير. فيمكنك إذن أن تعد الشكل، كصورة لسبعة كائنات على صلة قرابة، كل منها يماثل الآخر فيما عدا ما يتعلق بالجين

(*) الطبعة الزرقاء: المخطط أو الرسم التخطيطى لتصميم مشروع هندسى على ورق خاص بلون أزرق، يمكن تنفيذ المشروع باتباعها.

٩. ولن أبين بالتفصيل ما الذى يقوم به كل واحد من الجينات الثمانية الأخرى. ويمكنك أن تحصل على فكرة عامة عن «صنوف» ماتقوم به من أمور من دراسة شكل ٣. ففى وسط الصورة توجد الشجرة الأساسية، واحدة من آحاد الشجر من شكل ٢. ويحيط بهذه الشجرة المركزية ثمانى شجرات أخرى. وكلها تماثل الشجرة المركزية، سوى أن أحد الجينات، جين مختلف فى كل من الثمانية، قد تغير ـ أى «طفر». فمثلا تبين الصورة التى إلى يمين الشجرة المركزية مايحدث عندما يطفر جين ٥ بإضافة + ١ إلى قيمته. وكم كنت أود، لو كان هناك مساحة كافية، أن أطبع حلقة من ١٨ طافرة حول الشجرة المركزية. وسبب رغبتى فى ١٨ جين، هو أن هناك تسعة جينات، وكل واحد منها يستطيع أن يطفر فى اتجاه «لأعلى» (بإضافة واحد إلى قيمته) أو فى اتجاه «لأسفل» (بطرح واحد من قيمته). وهكذا فإن حلقة من ١٨ شجرة ستكون كافية لتمثيل كل «مايحتمل» من طافرات الخطوة الواحدة التى يمكنك أن تستقيها من الشجرة المركزية المفردة.

وكل واحدة من هذه الأشجار لها «معادلتها الجينية» الفريدة الخاصة بها، القيم العددية لجيناها التسعة. وأنا لم أكتب هذه المعادلات الجينية، لأنها فى حد ذاتها لن تعنى شيئا بالنسبة لكِ. ويصدق هذا أيضا على الجينات الواقعية. فالجينات لاتبدأ فى أن تعنى شيئا ما إلا عندما تُترجَم، بواسطة تخليق البروتين، إلى قواعد للنمو بالنسبة للجنين النامى. وفى نموذج الكمبيوتر أيضا، فإن القيم العددية للجينات التسعة لاتعنى شيئا ما إلا عندما تترجم إلى قواعد للنمو بالنسبة لنمط الشجرة المتفرعة. على أنه يمكنك أن تحصل على فكرة عما يفعله كل جين بأن «تقارن» جسدى كائنين يعرف أنهما يختلفان فيما يتعلق بجين معين. ولتقارن مثلا، الشجرة الأساسية فى وسط الصورة بالشجرتين على كل جانب، وستحصل على فكرة ما عما يفعله الجين ٥.

وهذا أيضا ما يفعله علماء الوارثة فى الحياة الحقيقية. فعلماء الوراثة عادة لايعرفون كيف تمارس الجينات تأثيراتها على الأجنة. ولا هم يعرفون المعادلة الجينية الكاملة لأى حيوان. على أنهم عن طريق مقارنة جسدى حيوانين بالغين يعرف عنهما «اختلافهما» بالنسبة لجين واحد، يستطيعون رؤية ما لهذا الجين الواحد من تأثيرات. والأمر أكثر تعقدا من ذلك، لأن تأثيرات الجينات يتفاعل أحدها مع الآخر بطرق أكثر تعقدا من حاصل



شكل رقم (٣)

الجمع البسيط. ويصدق هذا بالضبط على أشجار الكمبيوتر. ويبلغ فى صدقه أقصى مدى، كما ستبين الصور اللاحقة.

وسوف نلاحظ أن كل الأشكال لها سمترية على محور يسار / يمين. وهذا قيد فرضته أنا على طريقة **النمو**. وسبب أنى فعلت ذلك هو فى جزء منه لأغراض جمالية، وفى جزء للإقتصاد فى عدد الجينات اللازمة (فلو أن الجينات لاتمارس تأثيرات ذات صورتى مرآة على جانبى الشجرة، فإننا سنحتاج إلى جينات منفصلة لكل من الجانبين الأيسر والأيمن)، وفى جزء آخر كان السبب أنى كنت آمل أن أطور أشكالا تشبه الحيوانات، ومعظم أجساد الحيوانات لها قدر كبير من السمترية. ولنفس السبب فإنى من

الآن فصاعدا سأتوقف عن أن أدعو هذه المخلوقات «أشجارا» وسأسميها «أجسادا» أو «بيومورفات» Biomorphs والبيومورف إسم قد صكه ديزموند موريس للأشكال المبهمة التى تشبه الحيوانات فى لوحاته السيريالية. وهذه اللوحات لها مكانة خاصة فى مشاعرى، لأن إحداها كانت منسوخة على غلاف كتابى الأول. ويزعم ديزموند موريس أن بيومورفاته «تتطور» فى عقله، وأن تطورها يمكن تتبع مساره من خلال اللوحات المتتابعة.

ولنعد إلى بيومورفات الكمبيوتر، وحلقة الطافرات الثمانى عشرة المحتملة، التى رسمنا ثمانية أشكال تمثلها فى شكل ٣. وحيث أن كل عضو من أعضاء الحلقة هو فحسب خطوة طفرية واحدة بعيدا عن البيومورف المركزية، فإن من السهل علينا أن نراها وكأنها «أطفال» للوالد المركزى. فلدينا مثالنا «للتكاثر»، الذى يمكن أن نلفه مثل **النمو** فى برنامج صغير آخر للكمبيوتر، معد لأن يُضم فى برنامجنا الكبير المسمى **التطور**. ولنلاحظ أمرين بشأن **التكاثر**. الأول، أن لا يوجد هنا جنس sex، فالتكاثر هنا لاجنسى. وإذن فأنا أفكر فى البيومورفات على أنها إناث، لأن الحيوانات اللاجنسية مثل الذبابة الخضراء Green fly تكاد دائما تكون أساسا مؤنثة الشكل. والثانى، فإن طفراتى كلها مقيدة بحيث تحدث واحدة منها فى المرة الواحدة. فالطفل يختلف عن والده فى جين واحد فقط من الجينات التسعة، وفوق ذلك فالطفر كله يحدث بإضافة + ١ أو -١ إلى قيمة الجين الوالدى المناظر. وهذه مجرد أمور اتفاق تعسفى. فقد كان يمكن أن تكون بخلاف ذلك وتبقى مع ذلك واقعية بيولوجيا.

ولايصدق ذلك على السمة التالية للنموذج، التى تشخص مبدأ أساسيا فى البيولوجيا. إن شكل كل طفل لايستقى مباشرة من شكل الوالد، وكل طفل يحصل على شكله من قيم جيناته التسعة التى تخصه (الزوايا المؤثرة، المسافات، وما إلى ذلك). وكل طفل يحصل على جيناته التسعة من جينات والده التسعة. وهذا هو مايحدث تماما فى الحياة الواقعية. فالأجساد لاتمرر خلال الأجيال، ومايمرر هو الجينات. والجينات تؤثر فى النمو الجنينى للجسم الذى تكون مستقرة فيه. وبعدها فإن نفس هذه الجينات إما أن تمرر للجيل التالى أو لاتمرر. وطبيعة الجينات لاتتأثر بمساهمتها فى النمو الجسدى، ولكن

احتمال تمريرها قد يتأثر بنجاح الجسد الذى ساعدت على خلقه. وهذا هو السبب فى أنه من المهم فى نموذج الكمبيوتر أن العمليتين المسميتين **النمو والتكاثر** تكتبان كقسمين معزولين تماما. وهما معزولان فيما عدا أن **التكاثر** يمرر القيم الجينيية عابرة إلى **النمو**، حيث تؤثر فى قواعد النمو. ومن المؤكد أن **النمو** لايمرر القيم الجينية ثانية إلى **التكاثر** ـ فهذا يكون معادلا «لمذهب اللاماركية» (انظر الفصل الحادى عشر).

ها قد جمعنا نموذجى برنامجنا ثم سميناهما **النمو والتكاثر. والتكاثر** يمرر الجينات عبر الأجيال، مع احتمال للطفرة. **والنمو** يأخذ الجينات التى يمد بها **التكاثر** فى أى جيل بعينه، ويترجم هذه الجنيات إلى فعل من الرسم، وبالتالى إلى صورة للجسد على شاشة الكمبيوتر. وقد حان الوقت لأن نأتى بالنموذجين معا فى البرنامج الكبير المسمى **التطور**.

يتكون **التطور** أساسا من تكرار لانهائى **للتكاثر**، وفى كل جيل يأخذ **التكاثر** الجينات التى يمده بها الجيل السابق، ويناولها إلى الجيل التالى ولكن مع تغيرات عشوائية طفيفة أى طفرات. والطفرة ببساطة تكون من +١ أو –١ مضافا إلى قيمة جين تم اختياره عشوائيا. وهذا يعنى أنه بتواصل الأجيال، فإن الكم الكلى للاختلاف الوراثى عن الجد الأصلى قد يصبح كثيرا جدا بالتراكم، وإنما بخطوة صغيرة فى كل مرة. ورغم أن الطفرات عشوائية، فإن التغير التراكمى عبر الأجيال ليس عشوائيا. والذرية فى أى جيل واحد تختلف عن والدها فى اتجاهات عشوائية. لكن انتخاب من يذهب قدما من تلك الذرية الى الجيل التالى لايكون عشوائيا. وهذه هى النقطة التى يدخل عندها الانتخاب الداروينى. ومعيار الانتخاب ليس هو الجينات نفسها، وإنما هو الأجساد التى تؤثر الجينات فى شكلها من خلال **النمو**.

وبالإضافة إلى أن الجينات **تتكاثر**، فإن الجينات فى كل جيل تُناَول أيضا إلى النمو، الذى ينمى الجسد الملائم على الشاشة، متبعا القواعد الخاصة به التى وضعت بإحكام. وفى كل جيل، تظهر سلاله بطن Litter كاملة من «الأطفال» (أى أفراد الجيل التالى). وكل هؤلاء الأطفال هم أطفال طافرون من نفس الوالد، ويختلفون عن والدهم فيما يتعلق بجين واحد فى كل. ومن الواضح أن هذا المعدل العالى جداً من الطفرات هو سمة غير بيولوجية فى نموذج الكمبيوتر. ففى الحياة الواقعية، غالبا مايكون احتمال طفرة الجين

أقل من واحد فى المليون. والسبب فى إدخال معدل طفرات عال فى بناء النموذج، أن الأداء كله على شاشة الكمبيوتر يتم من أجل أن تستخدمه أعين البشر، والبشر ليس لديهم الصبر للانتظار مليون جيل حتى تتم طفرة ما!

والعين البشرية تلعب دوراً فعالا فى القصة. إنها العامل المنتخب. وهى تفحص ذرية البطن الواحدة وتختار فردا منها لتربيته. ويصبح الفرد المختار بعدها والدا للجيل التالى، ويظهر على الشاشة فى نفس الوقت معا أفراد البطن من «أطفاله» الطافرة. والعين البشرية تفعل هنا بالضبط ماتفعله فى تربية الكلاب المنسّبة أو ورود المسابقات. وبكلمات أخرى، فإن نموذجنا هو بصورة جازمة نموذج للانتخاب المصطنع، وليس الانتخاب الطبيعى. ومعيار «النجاح» ليس معيارا مباشرا من البقاء، كما هو الحال فى الانتخاب الطبيعى. ففى الانتخاب الطبيعى الحق، إذا استوفى الجسد مايحتاجه للبقاء، فإن جيناته تبقى أوتوماتيكيا لأنها موجوده داخله. وهكذا فإن الجينات التى تبقى تنزع، أوتوماتيكيا، لأن تكون تلك الجينات التى تضفى على الأجساد الصفات التى تساعدها على البقاء. ومن الناحية الأخرى، ففى نماذج الكمبيوتر لايكون معيار الانتخاب هو البقاء، وإنما هو القدرة على موافقة المزاج البشرى. وهو ليس بالضرورة مزاجا كسولا عارضا، ذلك أننا نستطيع أن نقرر أن ننتخب بصورة ثابتة صفة ما «كمشابهة شجرة الصفصاف الباكية»، مثلا. على أنه بحكم خبرتى فإن الانسان المنتخبُ غالبا مايكون متقلب المزاج وانتهازيا. وهذا أيضا ليس مما لايشبه أنواعا معينة من الانتخاب الطبيعى.

يخبر الانسان الكمبيوتر عن الفرد الذى سيتم التوالد منه من بين سائر أفراد ذرية البطن الجارية. وتمرر جينات الفرد المختار عابرة إلى **التكاثر**، ويبدأ جيل جديد. وتتصل هذه العملية إلى ما لا نهاية، كما فى التطور فى الحياة الواقعية. وكل جيل من البيومورفات يبتعد فقط خطوة طفرية واحدة عن سلفه وخلفه. إلا أنه بعد مائة جيل من التطور، يمكن أن تصبح البيومورفات أى شئ مما يبعد عن جدها الأصلى بما يصل إلى مائة خطوة طفرية. وما يمكن أن يحدث فى مائة خطوة طفرية لهو كثير.

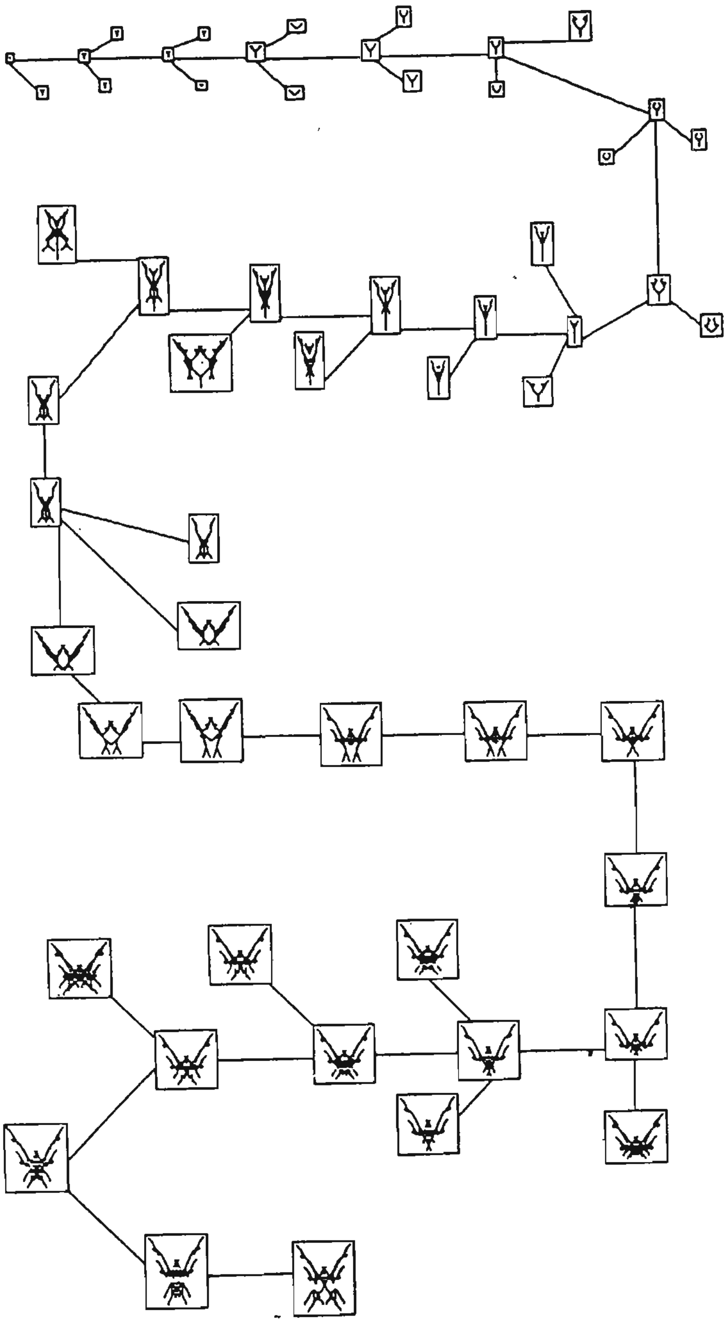
ولم أحلم قط «كم» يكون قدر ذلك، عندما بدأت ألهو أول الأمر ببرنامجى الذى كتبته مجددا عن **التطور**. والأمر الرئيسى الذى فاجأنى هو أن البيومورفات تستطيع بسرعة كبيرة إلى حد ما أن تكف عن أن تكون مشابهة للأشجار. ومع أن التكوين الأساسى من

التفرع الثنائى موجود دائما، إلا أنه ينخمد بسهولة إذ تتقاطع الخطوط ثم تتقاطع ثانية، لتصنع كتلا صلبة من اللون (هى فقط سوداء أو بيضاء فى الصور المطبوعة). وشكل ٤ يبين تاريخا تطوريا بعينه يتكون مما لايزيد عن ٢٩ جيلا. والجد هو كائن دقيق، نقطة واحدة. ورغم أن جسد الجد هو نقطة، تشبه خلية البكتريا فى الوحل البدائى، إلا أنه يكمن من داخلها إمكان التفرع على نفس النمط بالضبط كما فى الشجرة المركزية فى شكل ٣: ماعدا فحسب أن جينها التاسع يخبرها أن تتفرع صفرا من المرات! وكل الأشكال المصورة فى الصفحة تنحدر من النقطة، ولكنى لم أطبع كل الذرية التى رأيتها بالفعل حتى لاتتكدس الصفحة بها. وقد طبعت فقط الطفل الناجح من كل جيل (أى والد الجيل التالى) وواحدا أو اثنين من إخوته غير الناجحين. وإذن فالصورة أساسا تبين فحسب الخط الرئيسى الواحد للتطور، موجها بانتخابى الجمالى. وكل مراحل الخط الرئيسى موضحة.

ولنمر بإيجاز عبر الأجيال القليلة الأولى من الخط الرئيسى للتطور فى شكل ٤. إن النقطة تصبح حرف Y فى الجيل الثانى. وفى الجيلين التاليين تصبح الـY أكبر. ثم تصبح الأفرع مقوسة قليلا مثل مرجام أجيد صنعه. وفى الجيل السابع، يزداد تأكيد القوس، حتى ليكاد الفرعان يلتقيان. وفى الجيل الثامن تصبح الأفرع المقوسة أكبر، ويكتسب كل واحد زوجا من الزوائد الصغيرة، وفى الجيل التاسع تختفى الزوائد ثانية ويصبح جذع المرجام أطول. ويبدو الجيل العاشر كقطاع فى زهرة، فتشبه الفروع الجانبية المقوسة البتلات وكأنها كأس يضم زائدة مركزية أو «الميسم». وفى الجيل الحادى عشر يصبح شكل الزهرة نفسه أكبر ويصبح أكثر تعقدا بقليل.

ولن أتابع الروى. فالصورة تتحدث عن نفسها من خلال الأجيال الـ ٢٩. ولنلاحظ كيف أن كل جيل يختلف مجرد اختلاف قليل عن والده وعن أخواته. ولما كان كل جيل يختلف قليلا عن والده، فلا يمكن إلا أن نتوقع أن كل جيل سيكون «أكثر» اختلافا بقليل عن أجداده (وعن أحفاده). بل وسيظل أكثر اختلافا عن أجداد أجداده (وأحفاد أحفاده). وهذا هو مايدور حوله التطور «التراكمى» كله، وإن كنا بسبب سرعة

شكل رقم (٤)



معدلنا للطفر قد زدنا من سرعته هنا إلى معدلات غير واقعية. وبسبب هذا، فإن شكل ٤ يبدو كتربية «للنوع» أكثر مما هو تربية للأفراد، وإن كان المبدأ هو نفسه.

وعندما كتبت هذا البرنامج، لم أكن أفكر قط فى أنه سيطور شيئا يزيد عن أنواع شتى من أشكال تشبه الشجرة، وكنت آمل فى أشكال كالصفصافة الباكية، أو أرز لبنان، أو حور لمباردى، أو أعشاب البحر، أو ربما قرون الإيل. ولم يهيئنى أى شئ من حدسى البيولوجى، ولا من خبرتى لعشرين عاما فى برمجة الكمبيوترات، ولا أى شئ من أكثر أحلامى جموحا قد هيأنى لما نشأ فعلا على الشاشة. ولست أدرى متى بالضبط بدأ يتضح لى أثناء التسلسل احتمال أن ثمة مشابهة تتطور لما يماثل الحشرة. وفى حدس جامح، بدأت أربى الجيل بعد الجيل من أى طفل يبدو أكثر مشابهة للحشرة. وأخذت هواجسى تنمو فى موازاة للمشابهة المطورة. والنتائج تراها أسفل شكل ٤ . ومما لاينكر أنها ذات ثمانية أرجل مثل العنكبوت، بدلا من ستة أرجل كالحشرة، ولكن حتى مع هذا ! مازلت لا أستطيع أن أخفى عنك إحساسى بالجذل وأنا أرقب لأول مرة هذه المخلوقات الفاتنة وهى تنبثق أمام عينى. لقد سمعت فى ذهنى بوضوح الأنغام الافتتاحية المنتصرة لـ «هكذا تحدث زرادشت» (مصنف ٢٠٠١). ولم أتمكن من تناول طعامى، وفى تلك الليلة احتشدت «حشراتى» من وراء جفونى وأنا أحاول النوم.

ثمة ألعاب للكمبيوتر فى السوق يتوهم فيها اللاعب أنه يجوس فى متاهة تحت الأرض، لها جغرافية محددة وإن كانت معقدة، ويلاقى فيها حيوانات التنين أو المينوتور أو غيرها من الأعداء الأسطورية. والوحوش فى هذه الألعاب تكاد تكون قليلة العدد. وكلها قد صممها مبرمج بشرى، هى وجغرافية المتاهة أيضا. وفى لعبة التطور، سواء نسخة الكمبيوتر أو الشئ الحقيقى، يمتلك اللاعب (أو الملاحظ) نفس الإحساس بالجوس مجازا خلال متاهة من الممرات المتفرعة، إلا أن عدد المسالك الممكنة لانهاية له قط، والوحوش التى يقابلها المرء هى بلا تصميم ولايمكن التنبؤ بها. وأثناء جولاتى من خلال المياه الخلفية (لأرض البيومورف)، التقيت بجينات للجمبرى، ومعابد للأزتيك، ونوافذ كنائس قوطية، ورسوم

أبوريجينية(*) لحيوانات الكنغر، وفى مناسبة لاتنسى وإن كانت مما لايمكن تكراره، رأيت مايجوز على أنه رسم كاريكاتيرى لأستاذ المنطق فى ويكهام. وشكل ٥ هو لمجموعة صغيرة أخرى من جوائزى التذكارية، وكلها مما قد تم نموه بنفس الطريقة. وأود أن أؤكد أن هذه الصور ليست بانطباعات لفنانين. فهى لم تعدل ولم تعالج بأى طريقة كانت. وهى بالضبط مثلما رسمها الكمبيوتر إذ تطورت من داخله. ودور العين البشرية كان محددا بأنها تقوم «بالانتخاب» من بين الذرية التى تطفر عشوائيا عبر أجيال كثيرة من التطور التراكمى.

ونحن الآن لدينا نموذج للتطور هو واقعى إلى حد أكبر كثيرا مما أعطاه لنا نموذج القردة طابعة شكسبير. على أن نموذج البيومورف مازال غير وافى. فهو يبين لنا قدرة الانتخاب التراكمى على توليد تنوع لايكاد ينتهى من شكل شبه بيولوجى، ولكنه يستخدم الانتخاب الاصطناعى، وليس الانتخاب الطبيعى. فالعين البشرية تقوم بالانتخاب. هل يمكن أن نستغنى عن العين البشرية، لنجعل الكمبيوتر نفسه يقوم بالانتخاب، على أساس معيار ما واقعى بيولوجيا؟ إن هذا أكثر صعوبة مما قد يبدو. وهو مما يستحق أن ننفق بعض الوقت فى تفسير السبب لذلك.

من السهل حتى الابتذال أن ننتخب معادلة جينية معينة، مادمت تستطيع الإلمام بجينات كل الحيوانات. ولكن الانتخاب الطبيعى لايختار الجينات مباشرة، إنه يختار «التأثيرات» التى للجينات فى الأجساد، مايسمى تكنيكيا بتأثيرات المظهر Pheno type. والعين البشرية بارعة فى اختيار تأثيرات المظهر، كما يتبين من أنواع السلالات العديدة من الكلاب، والماشية والحمام، وكما يتبين أيضا من شكل ٥، إن كان لى أن أقول ذلك. وحتى نجعل الكمبيوتر يختار تأثيرات المظهر مباشرة، ينبغى أن نكتب برنامجا معقدا جدا للتعرف على النمط Pattern recognition. وبرامج التعرف على النمط موجودة. وهى تستخدم للتعرف على المطبوعات بل وعلى خط اليد. ولكنها نوع صعب من برامج «الوضع الفنى» يحتاج الى كمبيوترات جد كبيرة وسريعة. وحتى لو لم يكن برنامج كهذا من برامج تعرف النمط فوق قدراتى للبرمجة، وفوق قدرة جهازى الصغير للكمبيوتر ذى الـ ٦٤ كيلوبايت، فإنى ماكنت لأشغل نفسى به. فهذه مهمة تقوم بها العين البشرية على نحو

(*) نسبة للأبوريجنيين، سكان استراليا الأصليين قبل وصول الأوروبيين إليها. (المترجم).



شكل رقم (٥)

أفضل، سويا هى والكمبيوتر الذى فى داخل الجمجمة، كمبيوتر الجيجانيورونات العشر ـ وهذا أمر على صلة أوثق بالموضوع.

ولن يكون من الصعب جدا أن نجعل الكمبيوتر ينتخب سمات عامة مبهمة من مثل الطول ـ النحافة، والقصر ـ السمنة، وربما بعض الانحناء ودرجة النتوء، بل وزخرف الروكوك. وإحدى الطرق هى أن يبرمج الكمبيوتر بحيث يتذكر «أنواع» الصفات التى حبذها البشر فيما مضى، وأن يمارس انتخابا متواصلا لنفس النوع العام فى المستقبل، ولكن هذا لن يجعلنا أكثر قربا للتماثل مع الانتخاب «الطبيعى». والنقطة الهامة هى أن الطبيعة لاتحتاج إلى قوة حاسبة لتقوم بالانتخاب، إلا فى حالات خاصة مثل اختيار إناث الطاووس لذكورها. فعامل الانتخاب المعتاد فى الطبيعة، هو عامل مباشر وقوى وبسيط. إنه الموت الحاصد الجهم. ومن الطبيعى أن «أسباب» البقاء هى أى شئ إلا أن تكون بسيطة ـ وهذا هو السبب فى أن الانتخاب الطبيعى يستطيع أن يبنى حيوانات ونباتات على هذا القدر

الهائل من التركب. ولكن ثمة شئ فظ وبسيط جدا بشأن الموت نفسه. إن الموت اللاعشوائي هو كل ما يتطلبه انتخاب أنواع المظهر فى الطبيعة ، وبالتالى اختيار الجينات التى تحويها.

وحتى يمكن أن يشابه الانتخاب الطبيعى على نحو شيق فى الكمبيوتر، ينبغى أن ننسى مايدور بشأن زخرفة الروكوك وكل الصفات الأخرى التى تعرّف بصريا. وينبغى بدل ذلك أن نركز على مشابهة الموت اللاعشوائى. فينبغى أن تتفاعل البيومورفات فى الكمبيوتر، مع ما يشبه البيئة المعادية. فينبغى أن يتحدد بشئ ما فى شكلها إذا كانت ستبقى أو لن تبقى فى تلك البيئة. وينبغى مثاليا أن تحوى البيئة المعادية بيومورفات متطورة أخرى: «ضوارى» ، و«فرائس» ، و«طفيليات» ، و«متنافسون» . والشكل الخاص بالبيومورفات الفريسة ينبغى أن يحدد استهدافها للإمساك بها، بواسطة أشكال معينة مثلا من ضوارى البيومورفات. ومعايير الاستهداف هذه ينبغى ألا يتم إدخالها بواسطة واضع البرنامج.

فينبغى أن «تنبثق» بنفس نوع طريقة انبثاق الأشكال نفسها. ووقتها سوف ينطلق التطور حقا فى الكمبيوتر. حيث أنه سيتم الوفاء بالشروط اللازمة من أجل «سباق تسلح» داعم للذات (انظر الفصل السابع) ، ولست أجرؤ على أن أخمن إلى أين سينتهى الأمر كله. ولسوء الحظ، فإنى أعتقد أنه مما قد يجاوز قدراتى كمبرمج أن أُنشئ مثل هذا العالم الاصطناعى.

وإذا كان هناك من يبلغون من البراعة ما يكفى للقيام بذلك، فإنهم المبرمجون الذين ينشئون تلك الألعاب المبتذلة المعقدة الصاخبة ـ الألعاب المشتقة عن غزاة الفضاء. ففى هذه البرامج تتم مشابهة عالم إصطناعى. وتكون له جغرافيته، وكثيرا مايكون من ثلاثة أبعاد، كما يكون له بعد زمنى سريع الحركة. وتئز فيه كيانات فيما يمثل فضاءا ذى ثلاثة أبعاد، ويصطدم كل منها بالآخر، ويطلق كل منها النار على الآخر ليصرعه، ويبتلع كل منها الآخر وسط أصوات ضجيج منفرة. وأحيانا تكون المشابهة جد بارعة حتى أن اللاعب الذى يدير اللعبة يتلقى إيهاما قويا بأنه هو نفسه جزء من هذا العالم المصطنع. وإنى لأتصور أن ذروة مايصل اليه هذا النوع من البرمجة هو مايتم إنجازه فى المقصورات التى

تستحدم لتدريب طيارى الطائرات ومركبات الفضاء. على أنه حتى هذه البرامج ليست إلا شيئا صغيرا بالمقارنة بالبرامج التى ينبغى كتابتها لمشابهة انبثاق سباق تسلح بين الضوارى والفرائس، التى تضمّن فى نظام مصطنع كامل من نظم البيئة. على أنه من المؤكد أنه يمكن القيام به. وإذا كان هناك مبرمج محترف يشعر بالرغبة فى المساهمة فى هذا التحدى، فإنى لأحب أن أسمع عنه أو عنها.

وفى نفس الوقت فثمة شئ آخر أسهل كثيرا، أنوى القيام به عندما يحل الصيف. فسوف أضع الكمبيوتر فى مكان ظليل بالحديقة. والشاشة يمكنها أن تعرض عرضا ملونا. ولدى بالفعل نسخة لبرنامج يستخدم عدد «جينات» أكثر قليلا للتحكم فى اللون، بنفس الطريقة التى تتحكم بها الجينات التسعة الأخرى. فى الشكل. وسوف أبدأ بأى بيومورف ألوانها ناصعة مدموجة بصورة أو أخرى. وسيعرض الكمبيوتر فى ذات الوقت مدى من ذرية طافرة للبيومورف، تختلف عنها فى الشكل و/ أو نمط اللون. وأعتقد أن النحل والفراشات وحشرات أخرى سوف تزور الشاشة، و«تختار» بأن ترتطم بنقطة بعينها على الشاشة. وعندما يتم تسجيل عدد معين من الخيارات، فإن الكمبيوتر سيمسح الشاشة لينظفها، و«ليربى» من البيومورف المفضلة، ويعرض الجيل التالى من الذرية الطافرة.

ولدى آمال كبيرة، فى أنه عبر عدد كبير من الأجيال، ستؤدى الحشرات البرية فعلا إلى تطور الزهور فى الكمبيوتر. عندما تفعل ذلك، فإن زهور الكمبيوتر تكون قد تطورت بالضبط تحت نفس ضغط الانتخاب الذى أحدث تطور الزهور الواقعية فى البرية. ويشجعنى على أملى هذا حقيقة أن الحشرات كثيرا ماترتاد النقط الملونه الناصعة فى فساتين النساء (وذلك أيضا فى تجارب أكثر انتظاما قد تم نشرها). ومن الاحتمالات البديلة، التى قد أجدها حتى أكثر إثارة، أن الحشرات البرية قد تؤدى إلى تطوير أشكال تشبه الحشرات. وسابقة ذلك ـ وبالتالى سبب وجود الأمل ـ أن النحل فيما مضى قد أدى إلى تطوير أوركيد النحل. فذكور النحل قد أنشأت عبر الأجيال الكثيرة من التطور التراكمى للأوركيد، الشكل المشابه للنحله وذلك من خلال محاولة مواقعة الزهور، وبالتالى حمل جبوب اللقاح. ولتتصور زهرة النحل فى شكل ٥ وهى ملونة. أما كنت تقع فى هواها لو كنت نحلة؟

أما السبب الرئيسى عندى للتشاؤم فهو أن إبصار الحشرة يعمل بطريقة تختلف تماما عن طريقتنا. وشاشات الفيديو مصممة لأعين البشر وليس لأعين النحل. وهذا قد يعنى بسهولة أنه رغم أننا والنحل كلانا نرى زهور أوركيد النحل، بطريقتينا المختلفتين تماما، فإن النحل بطريقته قد لايرى صور شاشة الفيديو على الاطلاق. فلعل النحل لن ير شيئا إلا ٦٢٥ خطا من خطوط المسح بالشاشة ! ومع هذا فإن الأمر يستحق المحاولة. وفى الوقت الذى سيتم فيه نشر الكتاب، سأكون قد عرفت الإجابة.

وثمة شعار رائج، ويلفظ عادة فى نغمات مما يسميه ستيفن بوتر «النقر»، ويقول هذا الشعار أنك لاتستطيع أن تستخرج من الكمبيوتر أكثر مما أدخلت فيه. وفى نسخ أخرى يقال أن الكمبيوترات تفعل بالضبط ما تأمرها أن تفعله، وبالتالى فإن الكمبيوترات لاتكون خلاقة قط. ولايصدق هذا الشعار إلا بأتفه المعانى، بنفس معنى القول بأن شكسبير لم يكتب قط شيئا إلا ماعلّمه أن يكتبه أول مدرس له ـ أى الكلمات. لقد برمجت التطور فى الكمبيوتر ولكنى لم أخطط «لحشراتى»، ولا للعقرب ولا لطائرة السبتفاير، ولا لمركبة القمر. ولم يكن لدى أدنى هاجس بأنها ستنبثق، وهذا هو السبب فى أن «تنبثق» هى الكلمة الصحيحة. ومن الحق أن عينى قد قامت بالانتخاب الذى وجه تطورها، ولكنى عند كل مرحلة كنت محددا بقبضة صغيرة من ذرية يقدمها طفور عشوائى، «واستراتيجية» انتخابى هى هكذا استراتيجية انتهازية متقلبة، قصيرة المدى. فلم أكن أهدف إلى أى هدف بعيد، وهو أيضا ما لا يفعله الانتخاب الطبيعى.

ويمكننى أن أجعل ذلك فى قالب درامى بأن أناقش ماحدث فى المرة الوحيدة التى حاولت فيها «بالفعل» أن أهدف إلى هدف بعيد. ويجب أولا أن أقدم اعترافا. ولعلك على أى حال قد خمنته. فالتاريخ التطورى لشكل ٤ هو إعادة بناء. فلم تكن هذه أول مرة أرى فيها «حشراتى». فهى عندما انبثقت أصلا على صوت الطبول، لم يكن لدى وسيلة لتسجيل جيناتها. لقد كانت جالسة هناك على شاشة الكمبيوتر، وأنا لا أستطيع الوصول اليها، لاأستطيع فك شفرة جيناتها. وأجّلت إغلاق الكمبيوتر وأنا أجهد عقلى محاولا التفكير فى طريقة ما لاستخلاصها، ولكن ماكان هناك من طريقة. فالجينات كانت مدفونة عميقا جدا، تماما كما هى عليه فى الحياة الواقعية. وكان فى وسعى أن

أطبع صورا لأجساد الحشرات، أما جيناتها فقد ضاعت منى. وفى التو عدلت البرنامج بحيث يحتفظ فى المستقبل بسجلات متاحة للمعادلات الجينية، ولكن هذا كان متأخرا جدا. لقد ضاعت منى حشراتى.

وأخذت أحاول «العثور» عليها ثانية. فما دامت قد تطورت ذات مرة، فيبدو ولابد أن من الممكن تطويرها ثانية. وظلت تطاردنى كالنغمة المفقودة. وظللت أجوب «أرض البيوموروف»، وأنا أتحرك عبر مناظر خلوية لانهاية لها من مخلوقات وأشياء عجيبة، ولكنى لم أتمكن من العثور على حشراتى كنت أعرف أنها ولابد كامنة فى مكان ما. وكنت أعرف الجينات التى بدأ بها التطور الأصلى. ولدى صورة لأجساد حشراتى. بل كان لدى صورة لتسلسل تطور الأجساد الذى أدى إلى حشراتى فى مراحل بطيئة بدأت بالنقطة الجد. ولكنى لم أكن أعرف معادلتها الجينية.

ولعلك تظن أنه ليس أسهل من إعادة بناء المسار التطورى، ولكن الأمر لم يكن كذلك. والسبب، الذى سأعود إليه ثانية، هو العدد الفلكى للبيومورفات «المحتملة» التى يمكن أن يقدمها مسار تطورى له طول كافى، حتى عندما لايتباين إلا تسعة جينات فقط. وبدا لى عدة مرات أثناء حجى فى «أرض البيوموروف» أنى قد اقتربت وثيقا من سلف حشراتى، ولكن رغم أفضل مابذلت من جهد كعامل انتخاب، فإن التطور عندها كان ينطلق فيما يثبت أنه اقتفاء لأثر زائف. وأخيرا، أثناء جولاتى التطورية خلال «أرض البيوموروف ـ وبإحساس بالانتصار لايكاد يقل عما فى المرة الأولى ـ أمسكت بها ثانيا فى النهاية. ولست أعرف (وما زلت لا أعرف) إن كانت هذه الحشرات هى بالضبط مثل حشراتى الأصلية، حشرات «أنغام زراشت المفقودة». أو أنها «تلاقيها» من الظاهر «انظر الفصل التالى)، على أنها كانت جيدة بما يكفى. وهذه المرة لم يكن ثمة خطأ: سجلت كتابة المعادلة الجينية، والآن فإننى أستطيع «تطوير» الحشرات فى أى وقت أشاء.

نعم، قد زدت من كم الدراما بعض الشىء، ولكن ثمه نقطة خطيرة قد وضحت. فالنقطة الأساسية فى القصة هى أنه رغم أننى من برمج الكمبيوتر، وأخبرته فى تفصيل كبير بما يفعله، إلا أننى لم أصمم الحيوانات التى تطورت، وقد فوجئت تماما بها عندما

رأيت أسلافها أول مرة، ويبلغ من عجزى عن التحكم فى التطور، أننى حتى عندما رغبت أشد الرغبة فى إعادة اقتفاء أثر مسار تطورى بعينه ثبت أن القيام بذلك يكاد يكون مستحيلا. ولست أعتقد أنى كنت سأصل قط إلى العثور على حشراتى ثانية لو لم يكن عندى صورة مطبوعة «للمجموعة الكاملة» لأسلافها التطورية، وحتى مع هذا كان الأمر صعبا شاقا. هل يبدو أن عجز المبرمج عن التحكم أو التنبؤ بسياق التطور فى الكمبيوتر فيه مفارقة؟ هل يعنى حتى أن ثمة شيئا غامضا ملغزا يجرى داخل الكمبيوتر؟ بالطبع لا. كما أنه لايدور أى شئ ملغز فى تطور الحيوانات والنباتات الواقعية. ونستطيع أن نستخدم نموذج الكمبيوتر لحل المفارقة، ولأن نتعلم شيئا عن التطور الواقعى فى سياقه.

ومن باب التوقع فإن أساس حل المفارقة سيثبت أنه كالتالى. ثمة مجموعة محددة من البيومورفات، كل منها يجلس بصورة دائمة فى مكانه الخاص الفريد فى فضاء رياضى. وهى تجلس هناك بشكل دائم بمعنى أنك لو عرفت فحسب معادلتها الجينية، فإنك تستطيع فى التو العثور عليها، وفوق ذلك فإن جيرانها فى هذا النوع الخاص من الفضاء هى بيومورفات تختلف عنها بجين واحد فقط. ولما كنت قد عرفت المعادلة الجينية لحشرائى، فإنى استطيع إعادة نسخها بإرادتى، وأستطيع أن أخبر الكمبيوتر أن «يتطور» تجاهها من أى نقطة بداية تعسفية. وأنت إذ تطور لأول مرة مخلوقا جديدا بالانتخاب الاصطناعى فى نموذج الكمبيوتر، فإنك تحس بما يشبه عملية خلق. ولكن ماتفعله فى الواقع هو «العثور» على المخلوق، ذلك أنه بالمعنى الرياضى، يجلس من قبل فى مكانه الخاص فى الفضاء الوراثى لأرض البيومورف. والسبب فى أنها تشبه حقا عملية الخلق هو أن العثور على أى مخلوق بالذات هو أمر صعب لأقصى درجة، وسبب ذلك مجردا وبسيطا هو أن أرض البيومورف متسعة جدا جدا، والعدد الكلى للمخلوقات الجالسة هناك يكاد يكون لانهائيا. وليس من المجدى أن تبحث فحسب عشوائيا بلا هدف. فيجب أن تتخذ طريقة ما للبحث أكثر كفاءة ـ أى خلاقة.

وبعض الناس مولعون بالاعتقاد بأن الكمبيوترات التى تلعب الشطرنج تعمل بأن تجرب داخليا كل التوليفات الممكنة لحركات الشطرنج. وهم يجدون فى هذا الاعتقاد مايريحهم عندما يهزمهم الكمبيوتر، إلا أن اعتقادهم هذا زائف تماما. فحركات الشطرنج الممكنة هى بالغة الكثرة: وحجم الفضاء البحثى أكبر بلايين المرات من أن يسمح بالنجاح فى

العثور عل شيء بصدفة عمياء. وفن كتابة برنامج جيد للشطرنج هو بالتفكير فى طرق مختصرة كفئة لاختراق الفضاء البحثى. والانتخاب التراكمى، سواء الانتخاب الاصطناعى كما فى نموذج الكمبيوتر أو الانتخاب الطبيعى فى العالم الواقعى، هو طريقة بحث ذات كفاءة، ونتائجها تشبه تماما الذكاء الخلاق. ومن الوجهة التكنيكية، فإن كل مانفعله عندما نلعب لعبة بيومورفات الكمبيوتر، هو «العثور» على حيوانات، هى بمعنى ما رياضى، تنتظر أن يعثر عليها. وهذا مما يُحس به على أنه يشبه الخلق الفنى. وعملية البحث فى فضاء صغير، ليست فيه سوى كيانات قليلة، ليست مما يُحس به عادة بأنه يشبه عملية خلق، ولعبة الأطفال لتصيدّ الكستبان ليست مما يحس بأنه أمر خلاق. وتقليب الأشياء عشوائيا بأمل العثور صدفة على ماتبحث عنه سيكون مما يفى بالغرض عادة عندما يكون الفضاء الذى تبحث فيه صغيرا. وكلما أصبح الفضاء البحثى أكبر، يصبح من الضرورى استخدام طرق بحث معقدة أكثر وأكثر. وعندما يصبح الفضاء كبيرا «بدرجة كافية» فإن طرق البحث الفعال تصبح مما لايمكن تمييزه عن الخلق الحق.

ونماذج بيومورفات الكمبيوتر توضح هذه الأمور تماما، وهى تبينى جسرا منورا بين العمليات الخلاقة البشرية، مثل التخطيط لاستراتيجية رابحة فى الشطرنج، وبين الابداع التطورى للانتخاب الطبيعى، صانع الساعات الأعمى. ولإدراك ذلك، ينبغى أن ننمى فكرة أرض البيومورف «كفضاء» رياضى، أفق لانهائى من التباين الشكلى (المورفولوجى) وإن كان متسقا، بل إنه أفق يجلس فيه كل مخلوق فى مكانه الصحيح، وهو ينتظر أن يُكتشف. وقد وضعت المخلوقات السبعة عشر فى شكل ٥ فى الصفحة دون ترتيب خاص. ولكنها فى أرض البيومورف نفسها تشغل موضعها الخاص الفريد، الذى تحدده معادلتها الجينية، وهى محاطة بجيرانها المعينين الخاصين بها. وكل المخلوقات فى أرض البيومورف لها علاقة فضائية محددة أحدها بالآخر. ماذا يعنى هذا؟ ماالمعنى الذى يمكن أن ننسبه للموضع الفضائى؟

إن الفضاء الذى نتحدث عنه هو فضاء وراثى. وكل حيوان له موضعه الخاص فى الفضاء الوراثى. والجيران الأقربون فى الفضاء الوراثى هم حيوانات يختلف أحدها عن الآخر بطفرة واحدة فحسب. وفى شكل ٣، يحيط بالشجرة الرئيسية فى المركز ثمانية من جيرانها الثمانية عشر المباشرين فى الفضاء الوراثى. والجيران الثمانية عشر لأحد الحيوانات

هم الأنواع الثمانية عشر المختلفة من الأطفال التى يستطيع أن ينجبها، والأنواع الثمانية عشر المختلفة من الآباء التى قد يأتى منها ، بافتراض قواعد نموذجنا للكمبيوتر وبحركة واحدة، يكون لكل حيوان ٣٢٤ جارا (١٨ × ١٨ ، مع إهمال الطفرات للوراء بغرض التبسيط) ، أى المجموعة المحتملة من الأحفاد، أو الجدود، أو العمات، أو أولاد الأخوات. وبحركة واحدة ثانية، يكون لكل حيوان ٥٨٣٢ من الجيران (١٨×١٨×١٨) ، المجموعة المحتملة من أحفاد الأحفاد، وأجداد الجدود، وأبناء العمومة من الدرجة الأولى.. الخ.

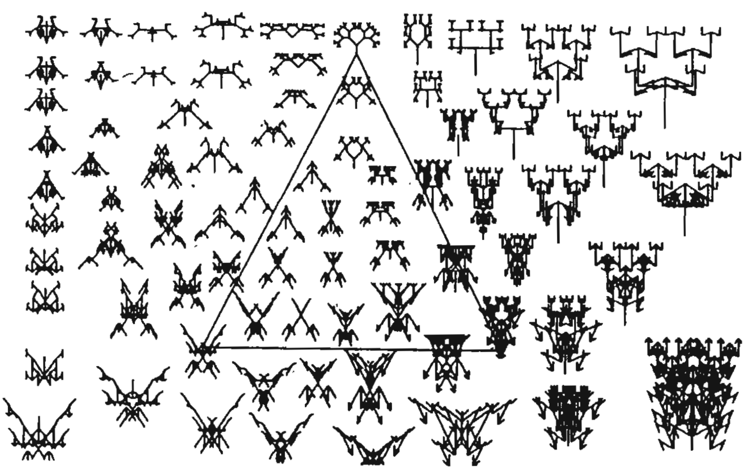
ماهى النقطة الأساسية فى التفكير بلغة الفضاء الوراثى؟ إلى أى شئ سيؤدى بنا ذلك؟ والإجابة هى أنها تمدنا بطريقة لفهم التطور كعملية تراكمية تدريجية. وفى أى جيل واحد، يكون من الممكن حسب قواعد نموذج الكمبيوتر، التحرك خطوة واحدة خلال الفضاء الوراثى. وفى ٢٩ جيلا لايكون من الممكن التحرك لأكثر من ٢٩ خطوة فى الفضاء الوراثى، بعيدا عن الجد الأول. وكل تاريخ تطورى يتكون من مسار بعينه، أو هو كمسار منحنى القذيفة، خلال الفضاء الوراثى. وكمثل، فإن التاريخ التطورى المسجل فى شكل ٤ هو مسار معين لمنحنى قذيفة لولبى، خلال الفضاء الوراثى، يصل النقطة بالحشرة، ويمر من خلال ٢٨ مرحلة توسطية. وهذا هو ماأعنيه عندما أتحدث مجازا عن «الجوس» خلال أرض البيومورف.

لقد حاولت أن أمثل هذا الفضاء الوراثى فى شكل صورة. والمشكلة، هى أن الصور ذات بعدين. والفضاء الوراثى الذى تقبع فيه البيومورفات ليس فضاءا من بعدين، ولا هو حتى فضاء من ثلاثة أبعاد. إنه فضاء بتسعة أبعاد! (الامر الهام الذى يجب تذكره عن الرياضيات هو ألا تصيبك بالخوف. فهى ليست بالصعوبة التى يزعمها كهنة الرياضيات أحيانا. وكلما أحسست برعب، فإنى أتذكر القول المأثور لسيلفانوس تومسون فى «تسهيل التفاضل والتكامل» : إن مايستطيعه أحد المغفلين، يستطيع فعله أى مغفل آخر.) ولو أننا فحسب أمكننا الرسم فى تسعة أبعاد فسوف نستطيع أن نجعل كل بعد مناظرا لواحد من الجينات التسعة. ووضع أى حيوان بعينه، العقرب مثلا أو الخفاش أو الحشرة، هو وضع ثابت فى الفضاء الوراثى حسب القيمة العددية لجيناته التسعة. والتغير التطورى يتكون من السير خطوة فخطوة خلال فضاء من تسعة أبعاد. ومقدار الاختلاف الوراثى بين حيوان

وآخر، وبالتالى الزمن المستغرق للتطور،وصعوبة التطور من واحد لآخر، كل هذا يقاس «بمسافة» بعد الواحد عن الآخر فى الفضاء ذى الأبعاد التسعة.

ونحن وياللحسرة لانستطيع أن نرسم بتِسعة أبعاد. وقد فكرت فى وسيلة إيهام بذلك، برسم صورة ذات بعدين تنقل نوعا مما قد يحَس عند الحركة من نقطة لأخرى فى الفضاء الوارثى ذى الأبعاد التسعة فى أرض البيومورف. وثمة سبل شتى ممكنه لفعل ذلك، وقد اخترت واحدا منها سميته حيلة المثلث. هيا انظر شكل ٦. يوجد فى الزوايا الثلاث للمثلث ثلاث بيومورفات اختيرت تعسفيا. والبيومورف التى فى القمة هى الشجرة الأساسية، والبيومورف التى إلى اليسار هى إحدى «حشراتى»، والبيومورف التى إلى اليمين لا إسم لها ولكنى خلتها تبدو جميلة. وككل البيومورفات، فإن كل من هذه البيومورفات الثلاث له معادلته الجينية الخاصة به، التى تحدد وضعه الفريد فى الفضاء الوراثى ذى الأبعاد التسعة.

والمثلث يقع فى «مستوى» مسطح من بعدين اثنين يقطع من خلال الحجم الفائق ذى الأبعاد التسعة (إن مايستطيعه أحد المغفلين، يستطيع فعله أى مغفل آخر). وهذا المستوى هو كقطعة مسطحة من الزجاج غرست خلال حلوى هلام (جيلى). وقد رسم المثلث



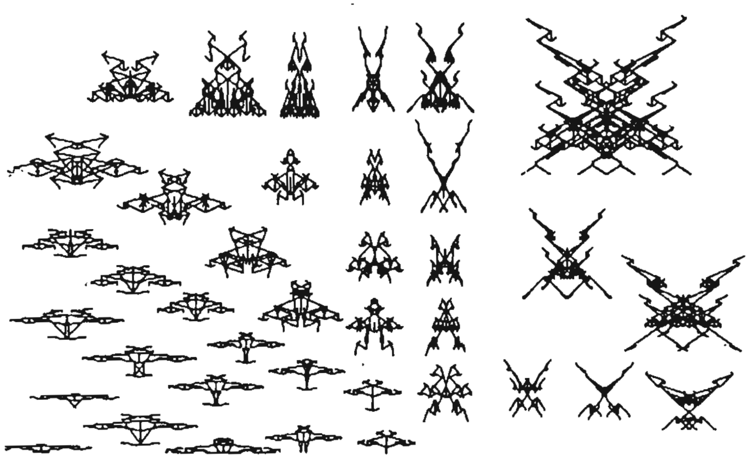
شكل رقم (٦)

على الزجاج، وأيضا بعض البيومورفات التى تؤهلها معادلتها الجينية لأن تقبع على هذا المستوى المسطح بعينه. ماهو الذى يؤهلها لذلك؟ هذه هى النقطة التى نأتى عندها للبيومورفات الثلاث الموجودة عند زوايا المثلث. إنها تسمى بيومورفات الإرساء.

ولنتذكر أن كل فكرة «المسافة» فى الفضاء «الوراثى» هى أن البيومورفات المتشابهة وراثيا هى جيران وثيقة، والبيومورفات المختلفة وراثيا هى جيران بعيدة. والمسافات على هذا المستوى بالذات تحسب بالرجوع إلى بيومورفات الإرساء الثلاث. وبالنسبة لأى نقطة بعينها على لوح الزجاج، سواء داخل المثلث أو خارجه، فإن المعادلة الجينية المناسبة لتلك النقطة تحسب «كمتوسط موزون» للمعادلة الجينية لجينات الإرساء الثلاث. ولعلك قد خمنت بالفعل كيف يتم الوزن، إنه يتم بالمسافات التى على الصفحة، أو بصورة أدق «بقرب» النقطة التى نحن بصددها من بيومورفات الإرساء الثلاث. وهكذا، فكلما اقتربت أكثر من الحشرة التى على المستوى، زادت البيومورفات المحلية شبها بالحشرات. وإذ تتحرك على الزجاج نحو الشجرة، فإن «الحشرات» تصبح تدريجيا أقل مشابهة للحشرة وأكثر مشابهة للشجرة. وإذا سرت إلى مركز المثلث فإن الحيوانات التى ستجدها هناك، كذلك العنكبوت مثلا الذى يحمل على رأسه الشمعدان اليهودى ذى الأفرع السبعة، هى «توفيقات وراثية» شتى بين بيومورفات الإرساء الثلاث.

ولكن هذا الوصف يضفى أهمية كبيرة جدا على بيومورفات الإرساء الثلاث. ومما لاينكر أن الكمبيوتر يستخدمهم بالفعل لحساب المعادلة الجينية المناسبة لكل نقطة على الصورة. أما فى الواقع فإن أى ثلاث نقط إرساء فى هذا المستوى كان يمكن أن تؤدى الغرض بمثل هذا تماما، وسوف تعطى نتائج مطابقة. ولهذا السبب فأنا لم أرسم فعلا المثلث فى شكل ٧. وشكل ٧ هو بالضبط نفس النوع من الصورة التى فى شكل ٦. وهو فحسب يبين مستوى مختلف، والحشرة نفسها هى إحدى نقط الإرساء الثلاث، ولكنها هذه المرة على الجانب الأيمن. ونقطتا الإرساء الأخريتان هما فى هذه الحالة طائرة السبيتفاير وزهرة النحل، وكلتاهما كما تُريان فى شكل ٥، وستلاحظ فى هذا المستوى أيضا أن البيومورفات المتجاورة تشبه إحداها الأخرى أكثر من البيومورفات البعيدة. فطائرة السبيتفاير مثلا، هى جزء من سرب من طائرات مشابهة، تطير فى تشكيل. ولما كانت

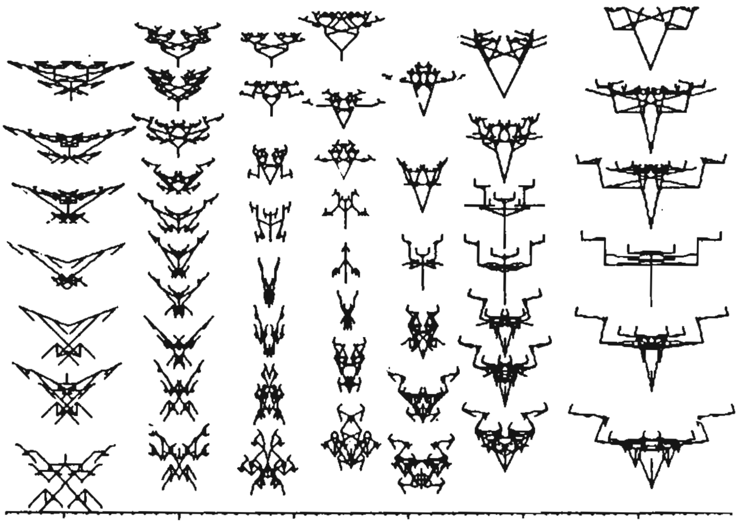
الحشرة موجودة على كلا لوحى الزجاج، فإنه يمكنك أن تفكر فى اللوحين وكأن أحدهما يمر فى الآخر بزاوية ما.



شكل رقم (٧)

وبالنسبة لشكل ٦، فإنه يقال أن المستوى فى شكل ٧ قد «دار محوريا حول» الحشرة. وسيكون فى إزالة المثلث تحسين لطريقتنا، لأن المثلث يشتت الانتباه. فهو يعطى أهمية غير مستحقة لثلاث نقط بعينها فى المستوى. ومازال علينا أن نقوم بتحسين واحد آخر. فالمسافة الفضائية فى شكلى ٧,٦ تمثل المسافة الجينية، إلا أن «تدرج المقياس» مشوه تماما. فمسافة بوصة لأعلى لاتعادل بالضرورة مسافة بوصة للجانب. ولعلاج هذا، يجب أن نختار بحرص بيومورفات الإرساء الثلاث، بحيث تكون أبعاد مسافاتها الجينية إحداها عن الأخرى كلها متساوية. وهذا مايفعله بالضبط شكل ٨. ومرة أخرى فإن المثلث لايُرسم بالفعل. ونقط الإرساء الثلاث هى العقرب من شكل ٥، والحشرة مرة ثانية (ولدينا هنا «دوران محورى» آخر حول الحشرة)، ثم البيومورف التى على القمة والتى تكاد تصعب على الوصف. وهذه البيومورفات الثلاث كلها تبتعد إحداها عن الأخرى بمسافة ٣٠ طفرة. وهذا يعنى أن تطور أى منها إلى الأخرى هو على درجة متساوية من السهولة. وفى كل الحالات الثلاث، يجب فى الحد الأدنى أن يتم القيام بثلاثين خطوة جينية. والنقط

الصغيرة على طول الهامش الأسفل لشكل ٨ تمثل وحدات المسافة التى تقاس بالجينات. ويمكن التفكير فيها على أنها مسطرة جينية. والمسطرة لاتعمل فحسب فى الاتجاه الأفقى.



شكل رقم (٨)

فيمكنك أن تميل بها فى أى اتجاه لتقيس المسافة الجينية، وبالتالى الحد الأدنى لزمن التطور، بين أى نقطة وأخرى على المستوى (ومن الأمور المزعجة أن هذا لايصدق تماما على الصفحة، لأن طابع الكمبيوتر يشوه النسب، على أن هذا التأثير أتفه من أن تثار جلبة بشأنه، وإن كان يعنى بالفعل أنك ستحصل على إجابة تخطئ خطأ بسيطا إذا قمت بمجرد عد النقط على المقياس المدرج).

وهذه المستويات ذات البعدين التى تقطع فى الفضاء الوراثى ذى الأبعاد التسعة تعطى بعض إحساس بما يعنيه السير خلال أرض البيومورف. ولتحسين هذا الإحساس، عليك أن تتذكر أن التطور ليس مقصورا على مستوى واحد مسطح. وفى جولة سير تطورية حقيقية سيكون فى إمكانك أن «تهوى نازلا» فى أى وقت إلى أى مستوى آخر، كأن تهوى مثلا من المستوى فى شكل ٦ إلى المستوى فى شكل ٧ (على مقربة من الحشرة، حيث يقترب المستويان أحدهما من الآخر).

قد قلنا أن «المسطرة الجينية» لشكل ٨ تمكننا من حساب أدنى وقت يستغرق للتطور من نقطة إلى أخرى. وهى تفعل ذلك حقا، بافتراض قيود النموذج الأصلى، ولكن التأكيد هنا هو على كلمة «الحد الأدنى». وحيث أن الحشرة والعقرب كل منهما على مسافة ٣٠ وحدة جينية من الآخر، فإن تطور أحدهما من الآخر يستغرق ٣٠ جيلا فحسب «لو أنك لم تنعطف قط أى انعطاف خطأ»، أى لو أنك تعرف بالضبط تلك المعادلة الجينية التى تتجه نحوها، وكيف توجه الدفة نحوها. وفى تطور الحياة الواقعية لايوجد ما يناظر توجيه الدفة نحو هدف جينى بعيد إلى حد ما.

ولنستخدم الآن البيومورفات للعودة إلى النقطة التى أثارتها طباعة القردة لهاملت، أهمية التغير التدريجى فى التطور خطوة فخطوة، مقارنة بالصدفة البحتة. ولنبدأ بإعادة تصنيف وحدات المقياس التى بأسفل شكل ٨، وإن كان ذلك فى وحدات مختلفة. وبدلا من أن نقيس المسافة «كعدد للجينات التى يجب أن تتغير فى التطور». فإننا سوف نقيس المسافة «بأحتمال أن يتم قفز المسافة بمحض الحظ فى حجلة واحدة». وللتفكير فى هذا، يجب الآن أن نفك أحد القيود التى أدخلتها فى لعبة الكمبيوتر: وسوف ننتهى بأن نرى لماذا أدخلت هذا القيد فى المكان الأول. والقيد هو أن الأطفال «يسمح» لها فحسب أن تكون على مسافة طفرة واحدة من والديها.وبكلمات أخرى، فإنه لايسمح إلا لجين واحد أن يطفر فى كل مرة، وهذا الجين يسمح له بتغيير «قيمته» فحسب بـ +١ أو -١. وبفك هذا القيد، فإننا الآن نسمح بأن يطفر أى عدد من الجينات فى نفس الوقت، ويمكنها أن تضيف أى عدد ايجابى أو سلبى لقيمتها الجارية. والواقع أن فك هذا القيد فيه تخفيف «أكثر جدا» مما ينبغى، ذلك أنه يسمح للقيم الجينية أن يكون مداها من اللانهائية السالبة حتى اللانهائية الموجبة. وتتضح هذه النقطة على نحو كاف لو أننا حددنا قيم الجينات بأرقام فردية، أى إذا سمحنا لها بأن يكون مداها من -٩ حتى +٩.

وهكذا، من داخل هذه الحدود الواسعة، فإننا نظريا نسمح للطفر أن يغير فى ضربة واحدة، فى جيل واحد، أى توليفة من الجينات التسعة. وفوق ذلك، فإن قيمة أى جين يمكن أن تتغير بأى قدر، مادامت لاتشرد إلى الأرقام الزوجية. ماذا يعنى هذا؟ إنه يعنى أنه، نظريا، يمكن للتطور أن يقفز فى جيل واحد، من أى نقطة فى أرض البيومورف إلى أى نقطة أخرى. وليس فقط إلى أى نقطة فى المستوى الواحد، بل أى نقطة فى كل الحجم

الفائق ذى الأبعاد التسعة. فإذا كان يجب مثلا أن تقفز بانقضاضة واحدة من الحشرة إلى الثعلب فى شكل ٥ فهاك الوصفة لذلك. أضف الأرقام التالية لقيمة الجينات من ١ حتى ٩ بالتوالى : ـ٢,٢ ، ٢ ، -٢ ، ٢ ، صفر، -٤ ، -١ ، ١ . ولكن لما كان حديثنا هو عن وثبات عشوائية، فإن «كل» نقط أرض البيومورف تتساوى فى احتمال أن تكون محطة وصول إحدى هذه الوثبات. وهكذا فإن نسبة الاحتمالات ضد أن يصل القفز بمحض الحظ إلى محطة وصول «بعينها» كالثعلب مثلا، هى مما يسهل حسابه. إنها ببساطة العدد لكلى للبيومورفات فى الفضاء. وكما يمكنك أن ترى فإننا سنصل إلى الرسو على حساب خر من تلك الحسابات الفلكية. إن هناك تسعة جينات، وكل واحد منها يستطيع أن يكون له أى قيمة من بين ١٩ قيمة. وهكذا فإن الرقم الكلى للبيومورفات التى «يمكن» أن نقفز إليها فى خطوة واحدة هو مضاعف ١٩ مضروبة فى نفسها تسع مرات: أى ١٩ للأس التاسع. وحاصل ذلك هو مايقرب من نصف ترليون من البيومورفات. وهذا رقم تافه بالمقارنة «برقم الهيموجلوبين» لأسيموف، ولكنه مازال مما يمكن أن أسميه رقما كبيرا. ولو أنك بدأت من الحشرة، وقفزت كبرغوث مجنون نصف ترليون مرة، فسوف يمكنك أن تتوقع الوصول إلى الثعلب ذات مرة.

ما الذى يقوله لنا هذا كله عن التطور الواقعى؟ مرة أخرى، إنه يفرض بقوة أهمية التغيير «تدريجيا» خطوة بخطوة. وثمة علماء تطور قد أنكروا أن التدرج من هذا النوع ضرورى للتطور. وحسابات بيومورفاتنا تبين لنا «بالضبط» أحد أسباب أهمية التغير التدريجى خطوة فخطوة. وعندما أقول أنك يمكنك أن تتوقع أن يقفز التطور من الحشرة لأحد جيرانها المباشرين، ولكن «ليس» أن يقفز مباشرة من الحشرة إلى الثعلب أو العقرب، فإن ماأعنيه بالضبط هو التالى. لو كانت القفزات العشوائية بحق تحدث فى الواقع، فإن القفزة من الحشرة إلى العقرب تكون ممكنة تماما. والحقيقة أنها ستكون بالضبط محتملة «بنفس» احتمال القفزة من الحشرة لأى من جيرانها المباشرين. ولكنها أيضا ستكون بالضبط محتملة بنفس احتمال القفزة إلى أى بيومورف أخرى فى الأرض. وهاهنا نقطة المحك، فعدد البيومورفات فى الأرض هو نصف ترليون، وإذا لم تكن أى منها أكثر احتمالا عن الأخرى كمحطة وصول، فإن نسبة احتمالات القفز إلى أى بيومورف «بعينها» هى نسبة صغيرة بما يكفى لإهمالها.

لاحظ أنه ليس مما يساعدنا هنا أن نفترض أن هناك «ضغط انتخابى» قوى لاعشوائى. فلن يكون مما يهم أن توعد بفدية ملك لو أنك أديت وثبة محظوظة إلى العقرب. فنسبة الاحتمالات ضد أن تفعل ذلك مازالت نصف التريليون إلى الواحد. ولكن لو أنك بدلا من الوثب، «سرت» خطوة واحدة فى كل مرة، وأُعطيت مكافأة من قطعة عملة صغيرة فى كل مرة يتفق فيها أن تتخذ خطوتك فى الاتجاه الصحيح، فإنك ستصل إلى العقرب فى زمن قصير جدا. وليس ضروريا أن يكون ذلك فى أسرع زمن ممكن من ثلاثين جيلا، ولكنه زمن سريع جدا على أى حال. والقفز يمكن «نظريا» أن يوصلك للجائزة بسرعة أكبر فى حجلة واحدة. ولكن لما كانت نسبة الاحتمالات ضد النجاح هكذا هى رقم فلكى، فإن الطريقة الوحيدة المجدية هى فى سلسلة من الخطوات الصغيرة، كل منها تنبنى فوق النجاح المتراكم للخطوات السابقة.

واتجاه فقراتى السابقة معرض لسوء فهم يجب أن أزيله. فمرة أخرى، يبدو وكأن التطور يتعامل بأهداف بعيدة، وبهدف الوصول إلى أشياء كالعقارب. وكما رأينا فإن التطور لايفعل ذلك قط. ولكن لو أننا فكرنا فى هدفنا على أنه «أى شئ يحسّن فرص البقاء»، فإن الحجة تبقى صالحة. فإذا كان الحيوان والدا، فإنه يجب أن يكون صالحا بما يكفى للبقاء على الأقل حتى مرحلة البلوغ. ومن الممكن أن طفلا طافرا لهذا الوالد قد يكون حتى أفضل منه بالنسبة للبقاء. ولكن لو أن الطفل طفر فى طفرة كبيرة، بحيث يتحرك لمسافة طويلة فى الفضاء الوراثى بعيدا عن والده، فماذا تكون نسبة احتمالات أنه أفضل من والده؟ والإجابة هى أن نسبة الاحتمالات ضد ذلك لهى حقا كبيرة جدا. والسبب هو ماسبق رؤيته فى التو فى نموذجنا للبيومورف. فعندما تكون القفزة الطافرة التى تنظر أمرها قفزة كبيرة جدا، يكون عدد محطات الوصول «الممكنة» لهذه القفزة عددا كبيرا فلكيا. وكما رأينا فى الفصل الأول، فإنه لما كان عدد الطرق المختلفة للوجود الميت هو أعظم كثيرا من عدد الطرق المختلفة للوجود الحى، فإن نسبة الفرصة تكون كبيرة جدا لأن تنتهى الوثبة الكبيرة العشوائية فى الفضاء الوراثى إلى الموت. بل إن قفزة صغيرة عشوائية في هذا الفضاء هى مما يحتمل إلى حد كبير أن تنتهى بالموت. ولكن كلما كانت الوثبة أصغر قل احتمال الموت، وزاد احتمال أن تؤدى الوثبة إلى تحسن. وسنعود إلى هذا الموضوع فى فصل لاحق.

إن هذا هو قصارى ما أود الذهاب إليه بالنسبة لاستخلاص مافى أرض البيومورف من

مغزى. وأرجو ألا تكون قد وجدت فى ذلك تجريدا أكثر مما ينبغى. وهناك فضاء رياضى آخر، لا تشغله البيومورفات ذات الجينات التسعة، وإنما تشغله حيوانات من لحم ودم، مصنوعة من بلايين الخلايا، وكل منها يحوى عشرات الآلاف من الجينات. وليس هذا فضاء بيومورف ولكنه فضاء وراثى واقعى .. والحيوانات الفعلية التى عاشت قط على الأرض هى مجموعة فرعية ضئيله من الحيوانات التى كان «يمكن» أن توجد نظريا. وهذه الحيوانات الحقيقية هى نتاجات عدد صغير جدا من مسارات القذائف التطورية خلال الفضاء الوراثى. والأغلبية العظمى من المسارات النظرية خلال الفضاء الحيوانى تنشأ عنها وحوش مستحيلة. والحيوانات الواقعية تتبعثر كنقط هنا وهناك بين الوحوش الافتراضيه، وقد قبع كل منها فى موضعه الخاص الفريد فى الفضاء الوراثى الفائق. وكل حيوان حقيقى محاط بكوكبة صغيرة من الجيران، معظمها لم يوجد قط، ولكن القليل منها هم أجداده، وسلالته، وأبناء عمومته.

وفى مكان ما من هذا الفضاء الرياضى الهائل يجلس البشر، والضباع، والأميبا، وآكل النمل، والديدان المفطحة، والحبّار، وطائر الدودو(*) والديناصورات، ونظريا، لو أننا متمرسين بما يكفى فى الهندسة الوراثية، فإننا نستطيع أن نتحرك من أى نقطة فى الفضاء الحيوانى لأى نقطة أخرى. ويمكننا من أى نقطة بداية أن نتحرك خلال المتاهة بحيث نعيد خلق الدودو والتيرانوصور(**) والمفصليات الثلاثية(***)، لو أننا فحسب عرفنا أى الجينات يجب أن نعمل عليها، وأى قطع من الكروموزوم نكرر نسخها أو نقلبها أو نلغيها. وإنى لأشك فى أننا سنعرف قط مايكفى لفعل ذلك، ولكن هذه المخلوقات الميته العزيزة تظل كامنة أبدا هناك فى زواياها الخاصة من ذلك الحجم الفائق الهائل للفضاء الوراثى، تنتظر أن «يعثر» عليها لو أننا فقط لدينا المعرفة الكافية للملاحة فى المسار الصحيح خلال المتاهة. بل لعلنا نستطيع أن «نطور» إعادة بناء مضبوطة لطائر الدودو بأن نربى الحمام تربية انتخابية، وإن كان علينا أن نعيش مليون سنة حتى نكمل التجربة. على أنه عندما يمتنع علينا القيام برحلة فى الواقع، لن يكون الخيال بالبديل السئ. وبالنسبة لمن يكونون مثلى من غير الرياضيين، فإن الكمبيوتر يمكن أن يكون صديقا قويا للخيال. وهو مثل الرياضة، لايوسع الخيال فحسب، ولكنه أيضا يضبطه ويتحكم فيه.

(*) طائر منقرض من فصيلة الحمام ولكنه أكبر من الديك الرومى (المترجم).
(**) نوع ضخم لاحم من الديناصور (المترجم).
(***) نوع منقرض من المفصليات (المترجم).

الفصل الرابع

صنع المسارات خلال الفضاء الحيوانى

كما رأينا فى الفصل الثانى، فإن الكثيرين يجدون أن من الصعب تصديق أن شيئا مثل العين، مثل پالى المفضل، وهى على هذه الدرجة من التركب وحسن التصميم، ولها هذه الكثرة من الأجزاء العاملة المتشابكة، يمكن أن تنشأ من بدايات صغيرة بواسطة سلسلة متدرجة من التغيرات خطوة فخطوة. هيا نعود إلى المشكلة فى ضوء من هذه التخمينات الجديدة التى أعطتها لنا البيومورفات، ولنجب على السؤالين التاليين:

١ ـ هل يمكن للعين البشرية أن تنشأ مباشرة من لاعين على الإطلاق فى خطوة واحدة؟

٢ ـ هل يمكن للعين البشرية أن تنشأ مباشرة من شئ يختلف قدرا بسيطا عنها هى نفسها، شئ يمكن أن نسميه «س»؟

إن الإجابة عن السؤال الأول هى بوضوح «لا» حاسمة. ونسبة الاحتمالات ضد الاجابة «بنعم» على أسئلة مثل السؤال الأول هى أكبر من عدد ذرات الكون بعدة أضعاف من البلايين. فالأمر يحتاج لقفزة عملاقة عبر الفضاء الوراثى الفائق هى مما يبلغ فى قلة احتماله درجة التلاشى. والإجابة عن السؤال الثانى هى بوضوح مساوى «نعم»، بشرط واحد هو أن الفرق بين العين الحديثة وسالفتها المباشرة «س» هو صغير بما يكفى. وبكلمات أخرى، بشرط أن العينين تقترب إحداهما من الأخرى الاقتراب الكافى فى فضاء كل البنيات الممكنه. وإذا كانت الأجابة عن السؤال الثانى بالنسبة لأى درجة معينة من الاختلاف هى لا، فكل ماعلينا هو أن نعيد السؤال بالنسبة لدرجة أصغر من

الاختلاف، ونواصل القيام بذلك حتى نجد درجة اختلاف يبلغ صغرها مايكفى ليعطينا الإجابة «بنعم» عن السؤال الثانى.

و«تُعَرِّف» «س» بأنها شئ مشابه جدا للعين البشرية، تبلغ درجة مشابهته مايجعل من المعقول إمكان نشأة العين البشرية من س بواسطة تعديل واحد فيها. ولو كان عندك صورة ذهنيه ل «س»، ووجدت من غير المعقول إمكان أن تنشأ العين البشرية مباشرة منها، فإن هذا يعنى ببساطة أنك قد اخترت السين الخطأ. فهيا اجعل صورتك الذهنية شيئا فشيئا أكثر مشابهة للعين البشرية، حتى تجد إحدى السينات التى تجدها «فعلا» معقولة كسلف مباشر للعين البشرية. ولابد من وجود س كهذه بالنسبة لك، حتى ولو كانت فكرتك عما هو معقول أكثر أو ربما أقل حذرا عن فكرتى!

والآن وقد وجدنا إحدى السينات بحيث تكون الإجابة عن السؤال الثانى هى نعم، فإننا نطبق السؤال ذاته على س نفسها. وبنفس الاستدلال فإننا يجب أن نستنتج أن س يمكن أن تنشأ على نحو معقول، بصورة مباشرة بواسطة تغيير واحد، من شئ يختلف مرة ثانية اختلاف بسيطا، ونستطيع أن تسميه سَ. ومن الواضح أنه يمكننا تتبع أثر سَ وراءا إلى شئ آخر يختلف عنها اختلافا بسيطا هو سً، وهلم جرا. وبتوسيط سلسلة سينات كبيرة بما يكفى، نستطيع أن نستقى العين البشرية من شئ يختلف عنها هى نفسها، ليس اختلافا بسيطا وإنما اختلافا «عظيما». فنحن نستطيع أن «نمشى» لمسافة كبيرة عبر «الفضاء الحيوانى» وستكون حركتنا معقولة مادمنا نتخذ خطوات صغيرة بما يكفى. والآن، فنحن فى وضع يسمح بالإجابة عن سؤال ثالث.

٣ ـ هل هناك سلسلة مستمرة من السينات تصل العين البشرية الحديثة بحال من لاعين على الإطلاق؟

يبدو من الواضح لى أن الإجابة يجب أن تكون نعم، بشرط واحد فحسب هو أن نسمح لأنفسنا بسلسلة سينات «كبيرة بما يكفى». وقد تحس بأن ١٠٠٠ سين فيها الكفاية، ولكن لو أنك تحتاج لخطوات أكثر حتى تجعل التحول الكلى معقولا في ذهنك، فما عليك ببساطة إلا أن تسمح لنفسك بافتراض ١٠,٠٠٠ من السينات. وإذا كانت عشرة آلاف سين لاتكفيك، فلتسمح لنفسك بمائة ألف، وهلم جرا. ومن الواضح أن

الوقت المتاح يفرض السقف العلوى لهذه اللعبة، لأنه لايمكن أن يكون لكل جيل سوى مين واحدة. وهكذا فإن السؤال يتحول فى التطبيق إلى الآتى: هل هناك وقت كافى لما يكفى من الأجيال المتعاقبة؟ ولايمكننا إعطاء إجابة دقيقة عن عدد الأجيال الذى يكون ضروريا. أما مانعرفه فعلا فهو أن الزمن الجيولوجى طويل طولا رهيبا. وحتى أعطيك فحسب فكرة عن درجة كبر ما نتحدث عنه، فإن عدد الأجيال التى تفصلنا عن أقدم أسلافنا هى بالتأكيد مما يقاس بآلاف الملايين. وإذا فرضنا مثلا مائة مليون سين، فإننا ينبغى أن نتمكن من بناء سلسلة معقولة من تدرجات دقيقة الصغر تربط العين البشرية بما يكاد يكون أى شئ!

وحتى الآن، فإننا بعملية من استدلال تجريدى بدرجة أو أخرى، قد استنتجنا أن هناك سلسلة من سينات قابلة للتخيل، كل منها يشبه جيرانه بما يكفى لقبول إمكان تحوله إلى أحد جيران، والسلسلة كلها تربط العين البشرية وراءا إلى لاعين على الإطلاق. على أننا لم نبرهن بعد على أن من المعقول أن سلسلة السينات هذه قد وجدت فعلا، وعلينا أن نجيب عن سؤالين آخرين.

٤ ـ بالنظر فى كل عضو من سلسلة السينات المفترضة التى تربط العين البشرية بلاعين على الإطلاق، هل من المعقول أن كل واحد منها قد أصبح متاحا من سابقه عن طريق الطفرة العشوائية؟

وهذا فى الواقع سؤال فى علم الأجنة، وليس فى علم الوراثة، وهو سؤال منفصل بالكلية عن السؤال الذى شغل أسقف برمنجهام، هو وآخرين، إن الطفرة مما ينبغى أن يعمل بتعديل السياقات الموجودة للنمو الجينى. ومما يقبل النقاش أن أنواعا معينة من السياقات الجينية هى سهلة الانقياد إلى حد كبير للتغير فى إتجاهات معينة، وتستعصى على التغير فى اتجاهات أخرى. وسوف أعود إلى هذا الأمر فى الفصل الحادى عشر، وسأكتفى هنا بالتأكيد ثانية على الفارق بين التغير الصغير والكبير. فكلما صغر التغيير الذى نفترضه، أى كلما صغر الفارق بين سً وسَ، زادت معقولية الطفرة المعنية من وجهة نصر النمو الجنينى. وقد رأينا فى الفصل السابق، على أسس إحصائية خالصة، أن أى طفرة كبيرة «بعينها» هى فطريا أقل احتمالا من أى طفرة صغيرة بعينها. وإذن، فأيا ماكانت المشاكل التى يثيرها السؤال الرابع، فإننا على الأقل يمكننا أن نرى أنه كلما صغر الفارق

الذى نجعله بين أى س، وسَ معينتين، أصبحت المشاكل أصغر. وإنى لأحس، أنه باشتراط أن يكون الفارق بين التوسطيات المتجاورة فى سلسلتنا المؤدية للعين «فارقا صغيرا بما يكفى»، فإنه يكاد يكون محتما أن ستحدث الطفرات اللازمة. فنحن، رغم كل شئ، إنما نتحدث دائما عن تغيرات كمية صغيرة فى سياقات جنينية موجودة. ولنذكر أن مهما كان تعقد الحالة الجنينية الراهنة فى أى جيل بعينه، فإن كل «تغير» طفرى فى الحالة الراهنة يمكن أن يكون جد صغير وبسيط.

ويبقى الإجابة عن سؤال واحد أخير.

٥ ـ بالنظر فى أمر كل عضو من سلسلة السينات التى تصل العين البشرية بلا عين على الإطلاق، هل من المعقول أن كل واحد منها قد عمل جيدا بما يكفى بأن يساعد على بقاء وتكاثر الحيوانات المعنية؟

من العجيب، أن بعض الناس يعتقدون أن الإجابة عن هذا السؤال هى «لا» واضحة بذاتها. واستشهد مثلا بما ذكره فرانسيس هيتشنج فى كتابه فى عام ١٩٨٢ الذى سماه «عنق الزرافة أو حيث أخطأ داروين». وكان فى إمكانى أن أستشهد بما هو نفس الكلمات أساسا مما يكاد يوجد فى أى من كتيبات دعاية شهود يهوا، ولكننى اخترت هذا الكتاب لأن دار نشر مشهورة (كتب بان ليمتد) رأت أن من الملائم نشره، رغم مافيه من أخطاء عددها كبير جدا حتى أنه كان يمكن التعرف عليها بسرعة لو طلب من خريج بيولوجيا عاطل من العمل، أو حتى طالب بيولوجيا، أن يلقى نظرة على مخطوطة الكتاب. (ولو سمحتم لى، فإن الفكاهتين الوحيدتين الأثيرتين لدى، هما منح لقب الفروسية للبروفيسور جون مانيارد سميث، ثم وصف البروفيسور إرنست ماير، أحد فصحاء كبار نقاد علم الوراثة الرياضى وأكثرهم لارياضية بأنه «كبير كهان» علم الوراثة الرياضى.)

«حتى تعمل العين يجب أن يحدث التالى من أدنى حد من الخطوات المتناسقة تناسقا كاملا (ثمة خطوات كثيرة أخرى تحدث متزامنة، ولكن حتى الوصف المبسط المقرب فيه مايكفى لإبراز مشاكل النظرية الداروينية). يجب أن تكون العين نظيفة رطبة، وأن تظل على هذا الحال عن طريق تفاعل الغدة الدمعية والجفون المتحركة، التى تعمل أهدابها أيضا كمرشح بدائى ضد الشمس. ثم يمر الضوء من خلال جزء صغير شفاف من الغشاء الواقى الخارجى (القرنية) ويستمر فى طريقه من خلال «عدسة» تركز بؤرته على

الخلف من «الشبكية». وهنا فإن ١٣٠ مليون قضيب ومخروط حساسة للضوء تسبب تفاعلات كيمائية ـ ضوئية تحول الضوء إلى نبضات كهربية. ويبث إلى المخ ما يقرب من ألف مليون من هذه النبضات فى كل ثانية، بواسطة طرق غير مفهومة بصورة صحيحة، ثم يتخذ المخ بعدها الإجراء المناسب.

والآن، فإن من الواضح جدا أنه لو وقع أدنى خطأ «فى المسار» ـ لو أن بالقرنية سحابة، أو لو فشل إنسان العين فى أن يتسع، أو أصبحت العدسة معتمة، أو حدث خطأ فى ضبط البعد البؤرى ـ إذن لما تكونت صورة يمكن تبينها. فالعين إما أن تعمل ككل، أو لاتعمل على الإطلاق. وإذن فكيف يتأتى لها أن تتطور بتحسنات داروينية بطيئة مطردة متناهية الصغر؟ هل من المعقول حقا أن الافا فوق آلاف من طفرات بصدف من الحظ تحدث اتفاقا بحيث أن العدسة والشبكية اللتين لاتستطيعان العمل إحداهما من غير الأخرى، قد تطورتا متزامنتين؟ وأى قيمة بقاء يمكن أن توجد فى عين لاترى؟»

إن هذه المحاجة الملفته للنظر لمما يتردد كثيرا، وذلك فيما يفترض بسبب أن الناس «يريدون» أن يؤمنوا بنتيجتها. ولننظر فى القول بأن «لو وقع أدنى خطأ .. لو حدث خطأ فى ضبط البعد البؤرى .. لما تكونت صورة يمكن تبينها». ونسبة احتمال أنك تقرأ هذه الكلمات من خلال عدسات نظارة لايمكن أن تبتعد عن ٥٠/٥٠. فلتخلع نظارتك ولتنظر من حولك. هل توافق على أنه «لاتتكون صورة يمكن تبينها»؟ وإذا كنت من الذكور، فإن نسبة احتمال إصابتك بعمى الألوان هى مايقرب من ١ من ١٢ وقد تكون أيضا مصابا باللابؤرية astigmatism . وليس من غير المحتمل، أنك بدون نظارات يصبح بصرك مضببا أعشى. وهناك واحد من أبرز منظّرى التطور اليوم (وإن كان لم يحز لقب فارس بعد) يندر أن ينظف نظارته، بما يحتمل أن يجعل بصره على أى حال مضببا أعشى، على أنه كما يبدو يشق طريقه بصورة طيبة تماما، وحسب روايته هو نفسه، فإنه قد اعتاد أن يلعب مباراة اسكواش خبيثة بعين واحدة. ولو أنك فقدت نظارتك، فمن الممكن أنك ستزعج أصدقاءك إذ تفشل فى أن تتبينهم فى الشارع. على أنك نفسك ستكون إكثر انزعاجا لو قال لك أحدهم: «حيث أن بصرك الآن ليس كاملا كمالا

مطلقا، فإنه يمكنك إذن أن تجوس فيما حولك وقد أغلقت عينيك إغلاقا محكما حتى تجد نظارتك ثانية». على أن هذا فى جوهره هو مايقترحه مؤلف الفقرة التى استشهدت بها.

وهو يقرر أيضا، كما لو كان الأمر واضحا، أن العدسة والشبكية لايمكن لإحداهما أن تعمل دون الأخرى. على أى أساس؟ إن سيدة على قرابة وثيقة بى قد أجرت عملية إزالة العدسة المعتمة من كلتى عينيها. وليس لديها عدسات فى عينيها على الإطلاق. وبدون نظارات فإنها لاتستطيع حتى أن تبدأ لعبة التنس أو أن تصوب بندقية. ولكنها تؤكد لى أنك وأنت بعين بلا عدسة يكون حالك أفضل كثيرا من ألا تكون لك عين مطلقا. فسوف يمكنك أن تعرف إن كنت على وشك أن تصطدم فى سيْرك بجدار أو بشخص آخر. ولو كنت كائنا برّيا، فما من شك أنك ستستخدم عينك الخالية من العدسة فى اكتشاف شكل ضبابى للحيوان المفترس، والاتجاه الذى يقترب منه. وفى عالم بدائى حيث بعض المخلوقات بلا أعين على الإطلاق وبعضها لها أعين بلا عدسات، فإن ذوات الأعين بلا عدسات سيكون لها كل ضروب المزايا. وهناك سلسلة متصلة من السينات، بحيث أن كل تحسن ضئيل فى جلاء الصورة، إبتداءا من الضباب العائم حتى الرؤية البشرية الكاملة، هو مما يزيد على نحو معقول من فرص بقاء الكائن الحى.

ويستطرد الكاتب ليستشهد بستيفن جاى جولد، عالم هارفارد المبرز فى الباليونتولوجيا(*) Paleontology إذ يقول:

«إننا نتجنب السؤال الممتاز، مافائدة خمسة بالمائة من العين؟ بأن نحاج بأن حائز تركيب أولى كهذا لم يستخدمه للإبصار».

ولعل من الحقيقى أن حيوانا قديما له خمسة بالمائة من العين قد استخدمها فى شئ آخر غير الإبصار، على أنه يبدو لى أن من المحتمل على الأقل بنفس القدر أنه قد استخدمها للإبصار بخمسة فى المائة. والواقع أنى لاأعتقد أن ذلك السؤال هو سؤال ممتاز. إن إبصارا يصل إلى خمسة بالمائة من إبصارك أو إبصارى هو أجدر كثيرا بامتلاكه عند

(*) علم بحث أشكال الحياة فى العصور الجيولوجية عن طريق دراسة الحفريات الحيوانية والنباتية. (المترجم).

المقارنة بعدم الإبصار مطلقا. وكذلك فإن إبصارا من ١ من المائة لهو أفضل من العمى الكلى، وسته فى المائة أفضل من خمسة، وسبعة أفضل من سته، وهلم جرا بارتقاء السلسلة المتدرجة المستمرة.

لقد شغل هذا النوع من المشاكل بعض من يهتمون بأمر الحيوانات التى تكتسب الحماية من مفترسيها «بالمحاكاة». فحشرات العيدان تبدو كالعود، وبهذا فإنها تنجو من أن تلتهمها الطيور. وحشرات أوراق الشجر تبدو كالأوراق. والكثير من أنواع الفراشات الصالحة للالتهام تكتسب الحماية بأن تشبه أنواعا ضارة أو سامة. وهذه المشابهات تحدث إنطباعا أقوى كثيرا من مشابهة السحب للنمس. وهى فى كثير من الحالات تحدث انطباعا أقوى من مشابهة «حشراتى» للحشرات الحقيقية. وعلى كل فإن الحشرات الحقيقية لها ست أرجل وليس ثمان! والانتخاب الطبيعى الحقيقى كان لديه من الأجيال مايبلغ على الأقل مليون ضعف ماكان لدى، ليعمل فيها على اكتمال المشابهة.

ونحن نستخدم كلمة «المحاكاه» لهذه الحالات، ليس لاننا نعتقد أن الحيوانات تقلد واعية الأشياء الأخرى، ولكن لأن الانتخاب الطبيعى يحبذ تلك الأفراد التى يُخطأ إدراك أجسادها على أنها أشياء أخرى. وبطريقة أخرى، فإن أسلاف حشرات العيدان التى لم تكن تشبه العيدان لم تترك خلفا. وعالم الوارثة الألمانى ـ الأمريكى ريتشارد جولد شميدت هو أبرز من حاجوا بأن التطور «المبكر» لمشابهات كهذه لايمكن أن يكون مما حبذه الانتخاب الطبيعى. وكما يقول جولد، وهو أحد المعجبين بجولد شميدت، عن الحشرات التى تحاكى الروث: «أيمكن أن يكون هناك أى أفضلية فى مشابهة الروث بخمسة فى المائه؟» وقد أصبح من الرائج حديثا، بما يرجع إلى حد كبير إلى نفوذ جولد، القول بأن جولد شميدت قد هُضم حقه أثناء حياته هو، وأنه فى الواقع لديه الكثير ليعلمنا إياه. وهاك عينة من منطقه:

يتحدث فورد عن .. أى طفرة يصدف أن تعطى «شبها بعيدا» لنوع أكثر احتماءا، الأمر الذى قد يترتب عليه ميزّة ما مهما كانت ضئيلة. ويجب أن نسأل ماقدر المشابهة البعيدة الذى يمكن أن يكون له قيمة انتخابية. هل يمكننا حقا أن نفترض أن الطيور

والقردة وفرس النبى أيضا هم ملاحظون رائعون (أو أن بعض البارعين جدا منهم هم كذلك) لدرجة تجعلهم يلاحظون وجود شبه «بعيد» فيصُدَّون به؟ أظن أن فى هذا طلب لأكثر مما ينبغى.

يالها من سخرية تصيب بالمرض أى فرد يكون فوق الأرض المرتجّة التى يخطو عليها جولد شميدت. ملاحظون «رائعون»؟ بعض «البارعين جدا» منهم؟ إن المرء ليظن أن الطيور والقردة قد «استفادت» من استغفالها بالمشابهة البعيدة! ولعل الأحرى أن يقول جولد شميدت: «هل يمكننا حقا أن نفترض أن الطيور.. الخ. هم ملاحظون على هذه الدرجة من «سوء» الملاحظة (أو أن بعض الأغبياء جدا منهم هم كذلك»؟ ومع ذلك، فإن ثمة مشكلة حقيقية هنا. فلابد من أن المشابهة الإبتدائية لحشرات العيدان الأسلاف مع العيدان كانت مشابهة بعيدة جدا. ويلزم أن يكون بصر الطير «ضعيفا» للغاية حتى يخدع بهذا الشبه البعيد. إلا أن مشابهة حشرة العود الحديثة للعود متقنة إلى حد الروعة، بما يصل لأدق التفاصيل النهائية من اصطناع البراعم وندوب الأوراق. ولابد من أن الطيور، التى يقوم مالديها من الافتراسية الانتخابية بوضع اللمسات النهائية لتطور الحشرة، عندها بصر «حاد» على نحو فائق، على الأقل بصفة جماعية. ولابد وأنها مما يصعب جدا خداعه، وإلا لما تطورت الحشرات لتصبح ذات محاكاة متقنة كما هى عليه: وإلا فإنها كانت ستظل ذات محاكاة غير متقنة نسبيا. كيف يمكن أن نحل هذا التناقض الظاهرى؟

تشير بعض أنواع الإجابة إلى أن بصر الطير ظل يتحسن عبر نفس فترة الزمن التطورية التى مر بها تمويه شكل الحشرة. وبشئ من التفكه، فلعل الحشرة السلف التى تشبه الروث بخمسة فى المائة فحسب كانت تخدع الطير السلف الذى كان إبصاره خمسة فى المائة فحسب. على أن هذا ليس بنوع الإجابة التى أود أن أدلى بها. وإنى لأخال حقا، أن كل عملية التطور، من المشابهة البعيدة حتى المحاكاة شبه الكاملة قد تواصلت، على نحو يكاد يكون سريعا، لمرات كثيرة فى مجموعات الحشرات المختلفة، أثناء كل الفترة الطويلة التى ظل فيها بصر الطير يكاد يكون على درجة حدته كما فى يومنا هذا.

وثمة نوع آخر للإجابات التى طرحت بشأن هذه المشكلة هو كالتالى. لعل كل نوع من الطير أو القردة أن يكون بصره ضعيفا فلا يدرك إلا مظهرا واحدا محدودا من الحشرة. فلعل أحد الأنواع المفترسة يلحظ اللون وحده، والآخر الشكل وحده، والآخر البنية، وهلم جرا. وإذن فإن الحشرة التى تشبه العود فى مظهر واحد محدد ستخدع نوعا واحدا من مفترسيها، وإن كانت مما ستأكله كل أنواع المفترسين الأخرى، وإذ يتقدم التطور نضاف إلى ذخيرة الحشرات قسمات للتشابه أكثر وأكثر. فالإتقان النهائى للمحاكاة بأوجهه العديدة قد تجمع معا بواسطة محصلة إضافات الانتخاب الطبيعى التى أمدت بها أنواع كثيرة مختلفة من المفترسين. وليس من نوع مفترس واحد يرى الاتقان الكلى للمحاكاة، وإنما نحن فقط الذين نراه.

ويبدو أن هذا يتضمن أننا نحن فقط «بارعون» بما يكفى لأن نرى المحاكاة فى كل تألقها. على أن تلك النزعة البشرية للتعاظم ليست وحدها السبب الذى يجعلنى أفضل تفسيرا آخر. وهذا التفسير هو أنه مهما كانت حدة بصر أحد المفترسين فى ظروف معينة، فإنه قد يكون ضعيفا بصورة قصوى فى ظروف أخرى. والحقيقة أننا نستطيع بسهولة من خبرتنا المألوفة لنا أن نقدر المدى كله من البصر الضعيف للغاية حتى البصر الممتاز. فلو أنى نظرت مباشرة إلى حشرة عود، على بعد ثمانى بوصات من أنفى، وفى ضوء قوى من النهار، فإننى لن أنخدع بها. وسوف ألحظ أرجلها الطويلة وهى تحتضن خط الجذع. وربما اكتشفت السمترية غير الطبيعية التى لاتكون لعود حقيقى. ولكن لو أننى، بالعينين والمخ ذات نفسها، كنت أمشى خلال غابة عند الغسق، فقد أفشل تماما فى أن أميز بين مايكاد يكون أى حشرة غامقة اللون وبين الأغصان الزاخرة فى كل مكان. ولعل صورة الحشرة تمر عبر حرف شبكيتى بدلا من المنطقة المركزية الأكثر حدة. وقد تكون الحشرة على بعد خمسين ياردة، فلا تحدث إلا صورة ضئيلة على شبكيتى. وقد يكون الضوء ضعيفا جدا بحيث لاأكاد أرى شيئا على الإطلاق بأى حال.

والحقيقة أنه قد لايهم «مدى» بعد وسوء مشابهة الحشرة للعود، وإنما يجب أن يكون هناك مستوى «ما» من الشفق، أو درجة ما من بعد المسافة عن العين، أو درجة مامن إلهاء

انتباه المفترس، بحيث تنخدع حتى أحسن الأعين إبصارا بالمشابهة البعيدة. وإذا كنت لاتجد ذلك معقولا بالنسبة لمثل بعينة قد تخيلته، فما عليك إلا أن تقلل بعض الشئ من الضوء المتخيل، أو أن تبتعد بعض الشئ عن الهدف المتخيل! فالنقطة هى أن كثيرا من الحشرات قد أنقذتها مشابهة بسيطة أقصى البساطة لغصن أو ورقة أو قطعة روث، فى ظروف تكون فيها جد بعيدة عن المفترس، أو ظروف يكون المفترس فيها ناظرا إليها وقت الغسق، أو ناظرا إليها من خلال ضباب، أو ناظرا إليها وقد الهته أنثى متلقية. ولعل كثيرا من الحشرات قد أنقذت من هذا المفترس نفسه، بواسطة مشابهة وثيقة خارقة لغصن، فى ظروف اتفق فيها أن المفترس كان يراها على مدى قريب نسبيا وفى ضوء جيد. والشئ المهم بالنسبة لشدة الضوء، ولبعد الحشرة عن المفترس، وبعد الصورة عن مركز الشبكية، وما يماثل ذلك من المتغيرات، هو أنها كلها متغيرات «متصلة». فهى تتغير بدرجات غير محسوسة على طول المدى من أقصى عدم الرؤية حتى أقصى الرؤية. والمتغيرات المتصلة هكذا ترعى التطور المتصل المتدرج.

وهكذا فإن مشكلة ريتشارد جولد شميدت ـ وهى واحدة من مجموعة مشاكل جعلته يلجأ فى معظم حياته المهنية، إلى الإيمان المتطرف بأن التطور يتم فى وثبات عظيمة بدلا من الخطوات الصغيرة ـ يثبت فى النهاية أنها لامشكلة على الإطلاق. وفيما يعرض، فإننا قد برهنا أيضا لأنفسنا، بل وللمرة الثانية، على أن الإبصار بخمسة فى المائة أفضل من لا إبصار على الإطلاق. وقوة إبصارى على حرف شبكيتى بالضبط هى مما يحتمل أن تكون حتى أقل من خمسة فى المائة من قوة إبصارى عند مركز شبكيتى، أيا ما كانت الطريقة التى تهمك لقياس هذه القوة. على أنى مازلت أستطيع بأقصى زاوية من عينى أن أكشف وجود سيارة شاحنة كبيرة أو حافلة. ولما كنت أركب الدراجة يوميا لعملى فإن من المحتمل إلى حد كبير أن هذه الحقيقة قد أنقذت حياتى. ولقد لاحظت الفارق أثناء تلك الظروف التى يهطل فيها المطر فأرتدى قبعتى. وقوة إبصارنا فى ليلة مظلمة لابد وأنها أقل كثيرا من خمسة فى المائة مما تكونه فى منتصف النهار. ومع ذلك فمن المحتمل أن الكثير من الأسلاف قد تمت نجاتهم عن طريق رؤية شئ هكذا فى منتصف الليل تكون له أهميته الحقيقية، لعله «نمر» من ذوى الناب السيف، أو شفاجرف.

وكل واحد منا يعرف بالخبرة الشخصية أنه فى الليالى المظلمة مثلا، تكون هناك سلسلة متصلة متدرجة بصورة لايحس بها، تجرى بطول المدى إبتداءا من العمى الكلى حتى الرؤية الكاملة، وأن كل خطوة على مدى هذه السلسلة تضفى من المزايا ما له مغزاه. ولو نظرنا إلى العالم من خلال نظارات يمكن زيادة وإنقاص بعد بؤرتها تدريجا، فإننا سنستطيع إقناع أنفسنا سريعا بأن هناك سلسلة متدرجة لنوعية ضبط البعد البؤرى، وكل خطوة فى هذه السلسلة يكون فيها تحسن عن الخطوة السابقة. وعندما تحرك مفتاح ضبط اللون بزيادة تدريجية فى جهاز تليفيزيون ملون، فإننا سنستطيع إقناع أنفسنا أن هناك سلسلة متدرجة من زيادة التحسين، من الرؤية بالأسود والأبيض حتى الرؤية الملونة الكاملة. وحجاب القزحية الذى يفتح ويغلق حدقة العين يحمينا من أن ننبهر بالضوء الناصع، بينما يسمح لنا بالرؤية فى الضوء المعتم. وكلنا يخبر كيف يكون الأمر دون امتلاك حجاب القزحية، عندما ننبهر وقتيا بكشافات السيارات الآتية نحونا. ورغم مايمكن أن يؤدى له هذا الإبهار من الاستياء بل والخطر، إلا أنه لايعنى أن العين كلها تتوقف عن العمل! فالإدعاء بأن «العين إما أن تعمل ككل، أولا تعمل إطلاقا» يثبت فى النهاية أنه ليس فحسب زائفا بل هو زائف بديهيا بالنسبة لأى فرد عندما يفكر لثانيتين فى خبرته المألوفة له نفسه.

ولنعد إلى سؤالنا الخامس. بالنظر فى أمر كل عضو من سلسلة السينات التى تصل العين البشرية باللاعين على الإطلاق، هل من المعقول أن كل واحد منها قد عمل جيدا بما يكفى لأن يساعد على بقاء وتكاثر الحيوانات المعنية؟ ونحن الآن قد رأينا مدى سخافة الزعم ضد التطورى بأن الإجابة هى لا واضحة. ولكن هل الإجابة هى نعم؟. أعتقد أنها كذلك، وإن كانت أقل وضوحا. فليس الأمر فحسب أن جزءا من عين هو أفضل من لاعين على الإطلاق، وإنما أيضا يمكننا أن نجد بين الحيوانات الحديثة سلسلة معقولة من التوسطيات. وهذا لايعنى طبعا، أن هذه التوسطيات الحديثة تمثل حقا أنماطا سلفية. ولكن الأمر أنها تظهر بالفعل أن التصميمات التوسطية لها القدرة على العمل.

فبعض الحيوانات وحيدة الخلية لها نقطة حساسة للضوء من خلفها ستار صغير من إحدى الصبغات. والستار يحميها من الضوء الآتى من أحد الاتجاهات، مما يعطيها «فكرة»

ما عن المكان الذى يأتى منه الضوء. أما بين الحيوانات متعددة الخلايا، فإنه يوجد تنظيم مماثل عند أنواع شتى من الديدان وبعض المحارات، ولكن الخلايا الحساسة للضوء ذات الخلفية الصبغية تتخذ موضعها فى قدح صغير. وهذا يعطى قدرة على إيجاد الاتجاه هى أفضل بقدر بسيط، ذلك أن كل خلية تتم حمايتها انتخابيا من أشعة الضوء الآتية إلى القدح من جانبها هى. وفى السلسلة المتصلة إبتداءا من صفحة مسطحة من الخلايا الحساسة للضوء، ومرورا بالقدح الضحل حتى الوصول إلى القدح العميق، فإن كل خطوة فى السلسلة، مهما كانت صغيرة (أو كبيرة) يكون فيها تحسن بصرى. والآن فلو جعلنا القدح عميقا جدا وقلبنا الجوانب عليه فإنك تصنع فى النهاية كاميرا ذات ثقب دقيق وبلا عدسة. وثمة سلسلة متصلة التدرج من القدح الضحل إلى الكاميرا ذات الثقب الدقيق (انظر للتوضيح. الأجيال السبعة الأولى من سلسلة التطور فى شكل ٤).

والكاميرا ذات الثقب الدقيق تكوّن صورة محددة، وكلما صغر الثقب الدقيق زاد تحدد الصورة (وإن كانت أكثر إعتاما)، وكلما كبر الثقب الدقيق زاد نصوع الصورة (وإن كانت أقل تحددا). والحيوان الرخوى السابح المسمى نوتيلس Nautilus هو حيوان غريب نوعا يشبه الحبار ويعيش فى محارة مثل الأمونيات ammonities البائدة (انظر الرخوى ذى الأرجل الدماغية والمحارة فى شكل ٥)، ولديه كعينين زوجين من كاميرات ذات ثقب دقيق. والعين أساسا لها نفس الشكل كما لأعيننا، ولكن لا يوجد لها عدسة، والحدقة مجرد ثقب يسمح بدخول ماء البحر إلى تجويف داخل العين. والواقع أن نوتيلس بما هو عليه، لهو على قدر من الإلغاز. فما السبب فى أنه مع كل مئات الملايين من السنين التى خلت منذ أن طور أسلافه للمرة الأولى عينا ذات ثقب دقيق، لم يكتشف قط قاعدة العدسة؟ وميزة العدسة أنها تسمح بأن تكون الصورة محددة (و) ناصعة معا. وما يشغل البال بشأن نوتيلس هو أن نوع شبكيته يشير إلى أنه كان سيستفيد حقا فائدة عظيمة ومباشرة من العدسة. إنه يماثل نظاما عالى الدقة Hi Fi له مكبر ممتاز ويغذيه حاكى إبرته مثلومة. إن النظام ليضبح مطالبا بتغيير بسيط بذاته. وفى فائق الفضاء الوراثى فإن نوتيلوس يبدو جالسا فى مكان يجاور مباشرة تحسينا واضحا ومباشرا، ولكن نوتيلس لايتخذ الخطوة الصغيرة اللازمة. لماذا لا؟ إن هذا يشغل بال مايكل لاند فى جامعة سسكس Sussex،

وهو أعلى ثقاتنا فى أعين اللافقريات، كما أنه يشغل بالى أنا أيضا. هل الأمر أن الطفرات اللازمة لاتستطيع أن تنشأ، بالطريقة التى ينمو بها جنين نوتيلس؟ إننى لاأريد اعتقاد ذلك، ولكن ليس لدى من تفسير أفضل. وعلى الأقل فإن نوتيلس يوضح دراميا النقطة بأن عينا بلا عدسة أفضل من لاعين على الإطلاق.

وعندما يكون عندك قدح يعمل كعين، فإن أى مادة توجد على فتحته مما تكاد تكون محدبة على نحو مبهم، أو شفافة بصورة مبهمة أو حتى نصف شفافة، ستكوّن تحسينا، وذلك بسبب مافيها من خواص شبه عدسية بسيطة. فهى تجمع الضوء فوق منطقتها وتركزه فوق منطقة أصغر من الشبكية. وماإن توجد هكذا شبه ـ عدسة فجة، حتى تصبح هناك سلسلة تحسينات تدريجية متواصلة، تزيدها سمكا وتجعلها أكثر شفافية وأقل تشويها، وينتهى هذا الاتجاه بما سنتعرف عليه كلنا كعدسة حقيقية. وأقارب نوتيلس، من الحبار والأخطبوط، لديها عدسة حقيقية، تشابه عدستنا للغاية رغم أن من المؤكد أن أسلافها قد طورت كل قاعدة الكاميرا ـ العين بصوره مستقلة بالكامل عن أعيننا. ويتفق أن مايكل لاند يعتقد أن ثمة تسع قواعد أساسية تستخدمها الأعين لتكوين الصورة، وأن معظمها قد تطور على نحو مستقل لمرات كثيرة. فقاعدة الطبق ـ العاكس المقوس مثلا تختلف جذريا عما لدينا نحن من العين ـ الكاميرا (ونحن نستخدم هذه القاعدة فى التليسكوبات اللاسلكية، وأيضا فى أكبر تلسكوباتنا البصرية لأن صنع مرآة كبيرة أسهل من صنع عدسة كبيرة)، وقد تم «ابتكار» هذه القاعدة على نحو مستقل بواسطة أنواع شتى من الرخويات والقشريات. وثمة قشريات أخرى لها عين مركبة مثل الحشرات (الواقع أنها بمثابة بنك من كثير من الأعين الصغيرة جدا)، بينما ثمة رخويات أخرى، كما رأينا، لها عين ـ كاميرا ذات عدسة كعيننا، أو عين ـ كاميرا ذات ثقب دقيق. ولكل نمط من هذه الأعين، مراحل تقابل التوسطيات التطورية، موجودة كأعين عاملة فيما بين الحيوانات الحديثة الأخرى.

والدعاية المضادة للتطور مليئة بأمثلة مزعومة عن نظم معقدة هى مما «لايمكن احتمال» مرورها خلال سلسلة متدرجة من التوسطيات. وكثيرا مايكون ذلك بالضبط حالة أخرى

من تلك الحالات شبه المؤسية «للمحاجة من الشك الذاتى» التى قابلناها فى الفصل الثانى. ومثلا ,فإن كتاب «رقبة الزرافة» يواصل مباشرة بعد القسم الذى عن العين، مناقشة أمر الخنفساء القاذفة bombardier beetle التى:

«تنفث مزيجا قاتلا من الهيدروكينون وبيروكسيد الأيدروجين فى وجه عدوها. وهاتان المادتان الكيماويتان، عندما تمزجان معا، تنفجران بالمعنى الحرفى. وهكذا فحتى تخزنهما الخنفساء القاذفة داخل جسدها فإنها قد أنشأت مثبطا كيماويا يجعلهما غير ضارتين. وفى اللحظة التى تنفث فيها الخنفساء السائل من ذيلها، فإن مضادا للمثبط يضاف ليجعل المزيج متفجرا مرة أخرى. وسلسلة الأحداث التى قد تؤدى إلى تطوير عملية معقدة، متناسقة، بارعة هكذا هى مما يتجاوز التفسير البيولوجى الذى يتأسس على القاعدة البسيطة من الخطوة بعد الخطوة. فأدنى تعديل فى التوازن الكيماوى سينتج عنه مباشرة جنس من الخنافس المتفجرة.»

وقد تكرم زميل بيوكيماوى فأمدنى بزجاجة من بيوركسيد الأيدروجين وقدر من الهيدروكينون يكفى خمسين من الخنافس القاذفة. وأنا الآن على وشك أن أمزج الاثنين معا. وحسب ماذكر عاليه فإنها ستنفجر فى وجهى، هيا بنا...

حسن، إننى مازلت هنا، لقد صببت بيروكسيد الايدروجين فى الهيدروكينون، ولم يحدث شئ على الإطلاق. إنها حتى لم تصبح دافئة. وقد كنت أعرف بالطبع أنها لن تفعل: فلست بذلك المغفل! فالقول بأن «هاتين المادتين الكيماويتين عندما تمزجان معا تنفجران بالمعنى الحرفى» هو ببساطة تامة قول زائف، رغم أنه يتكرر بانتظام خلال كل الأدبيات المضادة للتطور. وإذا كنت بالمناسبة، فى فضول لمعرفة شأن الخنفساء القاذفة، فإن مايحدث فعلا هو كالتالى. من الحقيقى أنها تنفث أعداءها بمزيج ساخن حارق من بيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون. ولكن بيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون لايتفاعلان معا بعنف إلا إذا «أضيف» عامل حافز. وهذا هو ماتفعله الخنفساء القاذفة. أما بالنسبة للأسلاف التطورية للنظام، فإن كلا من بيروكسيد الهيدروجين وأنواع الكينون المختلفة تستخدم لأغراض أخرى فى كيمياء الجسد. وأسلاف الخنفساء القاذفة قد تابعت

ببساطة أن تستخدم الكيماويات، التى أتفق بالفعل أنها موجودة فيما حولها، استخداما لأغراض مختلفة. وهذه هى الطريقة التى يعمل بها التطور غالبا.

وعلى صفحة الكتاب نفسها التى وردت فيها فقرة الخنفساء القاذفة نجد سؤالا: «أى فائدة تكون... لنصف رئة؟ من المؤكد أن الانتخاب الطبيعى سوف يقضى على مخلوقات لها مثل أوجه الشذوذ هذه، ولن يبقى عليها». إن كل رئة من الرئتين فى الانسان البالغ الصحيح، تنقسم إلى مايقرب من ٣٠٠ مليون حوصلة دقيقة، على أطراف نظام متشعب من الأنابيب. ومعمار هذه الأنابيب يشبه شجرة البيومورف أسفل شكل ٢ فى الفصل السابق. وعدد التفرعات المتتالية فى هذه الشجرة، كما يحددها «الجين٩» هى ثمانية تفرعات، وعدد أطراف الغصون هو ٢ للأس الثامن، أو ٢٥٦. وإذ تهبط أسفل الصفحة فى شكل (٢)، فإن عدد أطراف الغصون يتضاعف بالتتالى. وحتى تنتج ٣٠٠ مليون طرف من أطراف الغصون، لايتطلب الأمر إلا ٢٩ تضاعفا متتاليا. ولتلاحظ أن هناك تدرج متصل من حويصلة واحدة إلى ثلاثمائة مليون حويصلة دقيقة، وكل خطوة فى التدرج ينجزها تفرع ثنائى آخر. ويمكن إنجاز هذا التحول فى ٢٩ تفرعا، قد نعتقد بسذاجة أنها بمثابة السير بفخامة لتسع وعشرين خطوة عبر الفضاء الوراثى.

ونتيجة كل هذا التفرع فى الرئتين، هى أن مساحة السطح فى داخل كل رئة تزيد تقريبا عن ٧٠ ياردة مربعة. والمساحة هى المتغير المهم بالنسبة للرئة، ذلك أن المساحة هى التى تحدد سرعة إدخال الاوكسجين، وطرد الفضلات من ثانى اكسيد الكربون. والآن، فإن الشئ المهم بشأن المساحة هو أنها متغير «متصل». فالمساحة ليست من تلك الأشياء التى إما أن تكون لديك أو لاتكون. فهى شئ قد يكون لديك منه ماهو أقل بعض الشئ أو أكثر بعض الشئ. ومساحة الرئة هى نفسها مما يخضع أكثر من أى شئ آخر، للتغير «التدريجى» خطوة فخطوة، على طول المدى من صفر من الياردات المربعة حتى سبعين ياردة مربعة.

وهناك كثيرون من مرضى الجراحة يمشون فى الأرض برئة واحدة فقط، وبعضهم ينحدر بهم الحال إلى ثلث مساحة الرئة الطبيعية. وهم قد يمشون، ولكن ليس لمسافة

بعيدة جدا، ولابسرعة كبيرة جدا. وهذه هى النقطة الأساسية. إن تأثير تقليل مساحة الرئة تدريجيا على البقاء، ليس تأثيرا مطلقا، من نوع كل شئ أو لاشئ. فهو تأثير تدريجى، يتغير تغيرا متصلا فيما يتعلق بقدر المسافة التى يمكنك أن تمشيها، وسرعة المشى. فالموت لايحل فجأة عندما تقل مساحة الرئة عن مقدار بعينه! وإنما هو يصبح بالتدريج أكثر احتمالا كلما تناقصت مساحة الرئة لأقل من قدر أمثل (وكلما تزايدت فوق نفس القدر الأمثل، لأسباب مختلفة تتعلق بالهالك الاقتصادى).

ويكاد يكون من المؤكد أن أول من نمّى رئتين من أسلافنا كان يعيش فى الماء. ويمكننا أخذ فكرة عما يمكن أن تكونه طريقة تنفسهم بأن ننظر إلى السمك الحديث. ومعظم السمك الحديث يتنفس فى الماء بالخياشيم، على أن الكثير من الأنواع التى تعيش فى ماء سبخ عفن تدعم ذلك بتجرع الهواء على السطح. وهى تستخدم الحجرة الداخلية للفم كنوع من رئة أولية فجة، وهذا التجويف يتضخم أحيانا ليصبح جيب تنفس غنى بالأوعية الدموية. وكما رأينا، فليس من مشكلة فى تصور سلسلة متصلة من السينات تربط جيبا وحيدا بمجموعة متفرعة من ٣٠٠ مليون جيب كما فى الرئة البشرية الحديثة.

ومن الشيق، أن كثيرا من الأسماك الحديثة قد احتفظت بجيبها وحيدا، وهى تستخدمه لغرض مختلف تماما. ورغم أن من المحتمل أنه قد بدأ كرئة، إلا أنه عبر سياق التطور قد أصبح مثانه للعوم، أداة بارعة عن طريقها تحفظ السمكة نفسها كميزان ماء فى حالة توازن دائم. والحيوان الذى ليس لديه مثانة هواء من داخله يكون طبيعيا أثقل قليلا من الماء، وبهذا فإنه يرسب للقاع. وهذا هو السبب فى أن القروش عليها أن تسبح باستمرار لتمنع نفسها من الغرق. والحيوان الذى توجد من داخله جيوب هوائية كبيرة، مثلنا نحن برئاتنا الكبيرة، ينزع لأن يعلو إلى السطح. وفى مكان ما وسط هذا المدى المتصل، فإن الحيوان ذى المثانة الهوائية التى لها الحجم المناسب بالضبط لاهو يرسب ولايعلو، وإنما يطفو بثبات فى توازن لاجهد فيه. وهذه هى الحياة التى أتقنتها الأسماك الحديثة فيما عدا القروش. وبخلاف القروش، فإن هذه الأسماك لاتضيع طاقة لتمنع نفسها من الرسوب. وزعانفها وذيلها محررة للتوجيه وللدفع السريع. وهى لاتعتمد بعد على الهواء الخارجى

لملأ المثانة، وإنما لديها غدداً خاصة لانتاج الغاز. وباستخدام هذه الغدد ووسائل أخرى، فإنها تنظم بدقة حجم الغاز فى المثانة، وبالتالى تحفظ نفسها فى توازن مائى دقيق.

وثمة أنواع عديدة من الأسماك الحديثة تستطيع أن تترك الماء. والمثل المتطرف لذلك هو سمك الفرخ المتسلق الهندى(*) Indian climbing perch، الذى لايكاد يذهب البتة الى داخل الماء. وهو قد طور على نحو مستقل نوعا من الرئة يختلف تماما عن رئة أسلافنا ـ حجرة هواء تحيط بالخياشيم. والسمك الآخر يعيش أساسا فى الماء ولكنه يقوم بغزوات وجيزة خارجه. وهذا مايحتمل أن أسلافنا قد فعلوه. والأمر المهم في هذه الغزوات هو أن مدتها يمكن أن تتغير باستمرار، لتقل على طول المدى حتى الصفر. ولو كنت سمكة تعيش أساسا وتتنفس فى الماء، وإنما تغامر أحيانا بالخروج إلى الأرض، ربما لتعبر من بركة موحلة إلى أخرى لتنجو بذلك من الجفاف، فإنك قد تستفيد ليس فحسب من نصف رئة بل ومن واحد بالمائة من رئة. ولايهم «كم» تكون رئتك البدائية صغيرة، فلا بد وأنك بواسطة هذه الرئة فحسب تستطيع التحمل «لبعض» الوقت خارج الماء، وهو وقت أطول قليلا مما تستطيع تحمله من دون رئة. والوقت متغير متصل المدى. وليس من فاصل حاسم جازم بين الحيوانات التى تتنفس فى الماء وتلك التى تتنفس فى الهواء. والحيوانات المختلفة قد تقضى ٩٩ فى المائة من وقتها فى الماء، أو ٩٨ فى المائة أو ٩٧ فى المائة، وهلم جرا طول الطريق حتى الصفر فى المائة. وفى كل خطوة من الطريق، فإن بعض زيادة جزئية فى مساحة الرئة يكون فيه ميزة. فهناك تواصل وتدرج على طول الطريق كله.

ماتكون فائدة نصف جناح؟ كيف اتخذت الأجنحة بداياتها؟ إن حيوانات كثيرة تقفز من غصن إلى غصن، وتسقط أحيانا إلى الأرض. وعند الحيوانات الصغيرة بخاصة، يتمسك سطح الجسم كله بالهواء ويساعد على القفزة، أو هو يتغلب على السقوط بأن يعمل كما لو كان رقيقة هوائية فجة. وأى اتجاه لزيادة نسبة مساحة السطح إلى الوزن سيكون فيه ما يساعد، كما مثلا فى الثنايا الجلدية التى تنمو فى زوايا المفاصل. ومن هنا،

(*) نوع من سمك نهرى. (المترجم).

تكون سلسلة متواصلة من التدرجات إلى الأجنحة المنزلقة، ثم بعدها إلى الأجنحة المرفرفة.
ومن الواضح أن هناك مسافات لم يكن من الممكن أن تقفزها الحيوانات الأقدم ذات الأجنحة البدائية. ومما يساوى ذلك وضوحا أنه بالنسبة «لأى» درجة من صغر أو بدائية أسطح الإمساك بالهواء عند السلف، هناك ولابد مسافة «ما»، مهما كانت قصيرة، يمكن قفزها بواسطة الثنايا ولايمكن قفزها بغير الثنايا.

أو أنه إذا كانت النماذج البدائية للثنايا ـ الأجنحة تعمل على التغلب على سقوط الحيوان فإنك لاتستطيع القول بأنه «عندما تكون الثنايا أقل من حجم معين فإنها تصبح بلا فائدة على الإطلاق». ومرة أخرى فليس يهم «كم» كانت الثنايا ـ الأجنحة الأولى صغيرة وغير شبيهة بالجناح. فلابد وأن هناك ارتفاعا ما: لنسمه «ع» بحيث أن الحيوان يكسر رقبته لو سقط من هذا الإرتفاع، ولكنه ينجو لو سقط بالضبط من ارتفاع أقل قليلا. وفى هذه المنطقة الحرجة، فإن أى تحسن فى قدرة سطح الجسم على التمسك بالهواء والتغلب على السقوط، مهما كان تحسنا بسيطا، قد يكون فيه الفارق بين الحياة والموت، فالانتخاب الطبيعى سيحبذ وقتها الثنايا ـ الأجنحة البدائية البسيطة. وعندما تصبح هذه الثنايا ـ الأجنحة الصغيرة هى المعيار، فإن الارتفاع الحرج «ع» سيصبح أكبر قليلا. والأن، فإن زيادة أكثر قليلا فى الثنايا الأجنحة سيكون فيها الفارق بين الحياة والموت. وهكذا دواليك، حتى يصبح لدينا أجنحة صحيحة.

وهناك حيوانات تعيش اليوم توضح بشكل جميل كل مرحلة فى المدى المتصل. فهناك ضفادع تنزلق بثنايا جلدية كبيرة بين أصابع أقدامها، وثعابين شجر ذات أجساد مفلطحة تتمسك بالهواء. وسحالى ذات ثنايا بطول أجسادها، وأنواع عديدة مختلفة من الثدييات التى تنزلق بأغشية تمتد بين أطرافها، وتبين لنا نوع الطريق التى لابد وأن الخفافيش اتخذت بداياتها به. وعلى النقيض مما فى الأدبيات ضد التطورية، فإن الحيوانات ذات «نصف الجناح» ليست هى الشائعة فحسب، وإنما تشيع أيضا حيوانات ذات ربع جناح، وثلاثة أرباع جناح، وهلم جرا. وفكرة المدى المتصل للطيران تصبح حتى أكثر إقناعا لو تذكرنا أن

الحيوانات الصغيرة جدا تميل إلى أن تطفو برقة فى الهواء، مهما كان شكلها. وسبب أن هذا أمر مقنع هو أن هناك مدى متصل يتدرج تدرجا رهيفا من الصغير إلى الكبير.

وفكرة التغيرات الضئيلة التى تتراكم عبر خطوات كثيرة هى فكرة لها قوة هائلة، يمكنها تفسير مدى هائل من الأشياء التى تكون بغير ذلك مما لايفسر. كيف كانت بداية سم الثعبان؟ إن كثيرا من الحيوانات تعض، وأى بصقة لحيوان تحوى بروتينات، عندما تدخل فى جرح، قد تسبب تفاعلا محساسيا Allergic reaction وحتى مايسمى بالثعابين غير السامة قد تعض عضة تسبب تفاعلا مؤلما عند بعض الناس. وثمة سلسلة متصلة متدرجة من البصقة العادية حتى السم القاتل.

كيف كانت بداية الأذن؟ إن أى قطعة جلد تستطيع اكتشاف الذبذبات لو لامست الأشياء المتذبذبة. فهذا نتاج طبيعى لحاسة اللمس. والانتخاب الطبيعى يستطيع بسهوله تقوية هذه الملكة بدرجات متدرجة حتى تصبح حساسة بما يكفى لالتقاط ذبذبات التلامس «الضئيلة» جدا. وعند هذه النقطة فإنها تصبح أتوماتيكيا حساسة بما يكفى لالتقاط الذبذبات «المنقولة فى الهواء» والعالية بما يكفى و/ أو ذات المصدر القريب بما يكفى. وسيحبذ الانتخاب الطبيعى وقتها تطور أعضاء خاصة ـ الآذان ـ لالتقاط الذبذبات المنقولة بالهواء والصادرة عن مسافات تتزايد باطراد، ومن السهل أن نرى أنه سيكون هناك مسار مستمر من التحسن خطوة بخطوة على طول الطريق. كيف كانت بداية تحديد الموضع بالصدى؟ إن أى حيوان يستطيع السمع بأى حال يمكنه أن يسمع الأصداء. والعميان من البشر كثيرا مايتعلمون الاستفادة من هذه الأصداء. والصورة البدائية لهذه المهارة فى الثدييات السلف هى مما يمد بمادة خام فيها مايكفى لأن يبنى عليها الانتخاب الطبيعى، بحيث يؤدى بدرجات متدرجة إلى ماعند الخفافيش من إتقان كبير.

إن الإبصار بخمسة فى المائة لأفضل من عدم الإبصار على الإطلاق. والسمع بخمسة فى المائة أفضل من عدم السمع على الإطلاق. وكفاءة طيران بخمسة فى المائة أفضل من عدم الطيران على الإطلاق. ومما يمكن الإيمان به تماما أن كل عضو أو جهاز نراه

بالفعل هو نتاج مسار ناعم لمنحنى قذيفة فى فضاء الحيوان، مسار قذيفة حيث كل طور توسطى قد ساعد على البقاء والتكاثر. وحيثما يكون لدينا س فى حيوان حى واقعى، حيث س هى عضو ما أكثر تركبا من أن ينشأ بالصدفة فى خطوة واحدة، فإنه حسب نظرية التطور بالانتخاب الطبيعى لابد وأن يكون الحال هو أن جزءا من س هو أفضل من لا س على الإطلاق، وجزئين من س أفضل ولابد من جزء واحد، وس بأكملها أفضل ولابد من تسعة أعشار س. ولا أجد أى مشقة على الإطلاق فى تقبل أن هذه المقولات صادقة بالنسبة للأعين، والآذان بما فيما آذان الخفافيش، والأجنحة، وحشرات التمويه والمحاكاة، وفكىّ الثعابين، واللدغات، وعادات الوقواق، وكل الأمثلة الأخرى التى تُعرض فى الدعاية المضادة للتطور. ولاشك أن هناك الكثير من السينات التى «يمكن تصورها» و«لا» تصدق عليها هذه المقولات، وكثير من مسارات التطور التى يمكن تصورها وتكون التوسطيات فيها «ليست» تحسينا لأسلافها. ولكن هذه السينات لاتوجد فى العالم الواقعى.

لقد كتب داروين (فى «أصل الأنواع»):

لو أمكن إثبات أنه يوجد أى عضو مركب لايمكن احتمال تكوينه بتغييرات ضئيلة عديدة متتالية، لانهارت نظريتى انهيارا مطلقا.

وبعد مرور مائة وخمسة عشرين عاما، فإننا نعرف عن الحيوانات والنباتات أكثر كثيرا مما عرفه داروين، وحتى الآن فما من حالة واحدة قد عرفتها عن عضو مركب لايمكن أن يتكون بواسطة تغييرات ضئيلة عديدة متتالية. ولا أعتقد أن حالة كهذه ستوجد قط. ولو وجدت ــ مع ماينبغى من أن يكون العضو «حقا» عضوا مركبا، وكما سوف نرى فى الفصول اللاحقة، فإنك ينبغى أن تكون محنكا بشأن ماتعنيه «بضئيل» ــ فإنى سأكف عن الإيمان بالداروينية.

وأحيانا يكون تاريخ الأطوار التوسطية المتدرجة مكتوبا بوضوح فى شكل الحيوانات الحديثة، بل وقد يتخذ شكل أوجه عيب صريحة فى التصميم النهائى. وستيفن جولد فى بحثه الممتاز عن «إبهام الباندا» يوضح الرأى بأن التطور يمكن دعمه بصورة أقوى بأدلة من أوجه العيب الكاشفة هذه أكثر مما بأدلة من أوجه الكمال. وسأضرب مثلين فحسب. (٩)

الأسماك التى تعيش على قاع البحر تستفيد من كونها مفلطحة ذات حواف منضمة وثمة نوعان مختلفان تماما من السمك المفلطح يعيشان على قاع البحر، وقد طورا تفلطحهما بطرائق مختلفة تماما. فأسماك الشفنين skate والسفنrays ، أقارب القروش، أصبحت مفلطحة بواسطة مايمكن أن نطلق عليه أنه الطريق الواضح. فأجسادهما قد نمت للخارج على الجانبين لتشكل «أجنحة» عظمية. فهى تشبه قروش مررت أسفل وابور الرصف، ولكنها تظل تتصف بالسمترية، وتتجه «لأعلى على النحو الصحيح». أما سمك البليس plaice، وموسى sole، والقفندر halibut هى وأقاربها فقد أصبحت مفلطحة بطريقة مختلفة. فهى أسماك عظمية (ذات مثانة للعوم) وعلى قرابة بالرنجه والسلمون الأرقط، الخ، وليس لها أى علاقة بالقروش. وبخلاف القروش، فإن الأسماك العظمية كقاعدة لديها نزعة ملحوظة لأن تتفلطح فى اتجاه عمودى. فسمكة الرنجة مثلا «طويلة» أكثر كثيرا من أن تكون عريضة. وهى تستخدم كل جسدها المفلطح عموديا كسطح عائم. يتموج خلال الماء وهى تسبح. ويكون من الطبيعى إذن أنه عندما اتخذت أسلاف البليس وموسى الخياة فى قاع البحر فإنه كان ينبغى أن ترقد على «جانب» واحد بدلا من أنه ترقد على بطنها مثل أسلاف السفن والشفنين. ولكن هذا تنشأ عنه مشكلة أن أحد العينين تظل تنظر دائما لأسفل فى الرمل، فتكون فى الواقع بلا فائدة. وقد حلت المشكلة أثناء التطور «بتحريك» العين السفلى لتدور إلى الجانب الأعلى.

ونحن نرى عملية التحريك بالدوران يعاد تمثيلها أثناء بنمو كل سمكة صغيرة من الأسماك المفلطحة العظمية. والسمكة المفلطحة الصغيرة تبدأ الحياة وهى تعوم قرب السطح، وتكون ذات سمترية ومفلطحة عموديا تماما مثل سمكة الرنجة. ثم ما تلبث الجمجمة أن تنمو بأسلوب التفافى غريب بلا سمتريةبحيث أن إحدى العينين، اليسرى مثلا، تتحرك عبر قمة الرأس لتنتهى إلى الجانب الآخر. وتستقر السمكة الصغيرة على القاع وكلتا عينيها تنظران لأعلى، وكأنها تشبه رؤى غريبة لبيكاسو. ويتفق أن بعض أنواع السمك المفلطح تستقر على الجانب الأيمن والبعض الآخر على الأيسر، والبعض على أى من الجانبين.وجمجة السمكة المفلطحة العظمية كلها تحتفظ بالالتفاف والتشوه الذى

يبرهن على أصولها. وعيبها ذات نفسه هو شهادة قوية على تاريخها القديم، تاريخ لتغيير تم خطوة بخطوة بأحرى من أن تكون، وهى بهذه البشاعة، قد نفذت مباشرة من تصميم على لوح رسم نظيف. والتطور لايبدأ قط من لوح رسم نظيف، وإنما عليه أن يبدأ مما هو موجود هناك من قبل. وفى حالة أسلاف سمك السفن فإنهم كانوا القروش التى تسبح بحريّة. والقروش عموما ليست مفلطحة جنبا لجنب مثل الأسماك العظيمة التى تسبح فى حرية كسمك الرنجة. وإذا كان ثمة تفلطح، فإن القروش مفلطحة بالفعل شيئا بسيطا ظهرا لبطن. وهذا يعنى أنه عندما اتخذت بعض القروش القديمة قاع البحر مقرا فى أول الأمر، حدث تقدم سهل ناعم إلى شكل السفن، حيث تكون فيه كل من التوسطيات بمثابة تحسن ضئيل، يتفق وظروف القاع، عن سلفها الأقل تفلطحا إلى حد بسيط.

أما من الناحية الأخرى، فإن أسلاف البليس والقفندر التى كانت تسبح حرة والتى هى مثل الرنجة مفلطحة جنبا لجنب، فإنها عندما اتخذت القاع مقرا، كان الرقاد على جانبها أفضل لها من أن توازن نفسها بصورة مقلقلة على حرف نصل بطنها الحاد! ورغم أن سياق تطورها قد حدد مصيره النهائى بأن يؤدى بها إلى التشوهات المعقدة، والمكلفة فيما يحتمل، والمطلوبة لجعل العينين فى جانب واحد، ورغم أن طريقة سمكة السفن لأن تصبح سمكة مفلطحة قد يثبت فى «النهاية» أنها قد تكون الخطة الأفضل للسمكة العظمية أيضا، إلا أن من الظاهر أن المراحل التوسطية المتوقعة التى تتخذ طريقها على هذا المسار التطورى ستكون أقل توفيقا على المدى القصير من منافسيها التى ترقد على جانبها. فالمنافسون الذين يرقدون على جانبهم هم على المدى القصير أفضل كثيرا فى التشبث بالقاع. وفى الفضاء الوراثى الفائق، ثمة مسار سلس يوصل السمكة العظمية السلف التى كانت تسبح حرة إلى السمكة المفلطحة التى ترقد على جانبها بجماجم ملتفة. وليس من مسار سلس يوصل هذه الأسماك السلف العظمية إلى الأسماك المفلطحة التى ترقد على بطنها. وهذا التخمين لايمكن أن يكون كل الحقيقة، لأن هناك بعض سمك عظمى تطور إلى التفلطح بصورة سمترية، بأسلوب السفن. ولعل أسلافه السابحه بحرية كانت بالفعل مفلطحة بعض الشئ لبعض سبب آخر.

ومثلى الثانى هو عن تقدم تطورى لم يحدث، بسبب التوسطيات غير المواتية، رغم أنه ربما كان سيثبت فى النهاية أن هذا التقدم التطورى لو وقع لكان هذا هو الأفضل، والمثل يختص بشبكية أعيننا (وأعين كل الفقريات الأخرى). إن العصب البصرى، كأى عصب آخر، هو جذع كابل، حزمة من أسلاك منفصلة «معزولة»، هى فى هذه الحالة مايقرب من ثلاثة ملايين سلك. وكل واحد من الأسلاك الملايين الثلاثة يوصل إحدى خلايا الشبكية بالمخ. ويمكنك أن تتصورها على أنها أسلاك توصل بنكا من ثلاثة ملايين خلية ضوئية (هى فى الواقع ثلاث ملايين محطة توصيل Relay تجمع المعلومات من عدد هو حتى أكبر من الخلايا الضوئية) إلى الكمبيوتر الذى عليه أن ينظم المعلومات فى المخ. وهى تُجمع معاً من على الشبكية كلها إلى داخل حزمة واحدة، هى العصب البصرى لتلك العين.

وأى مهندس سيفترض بالطبع أن الخلايا الضوئية ستكون متجهة إلى الضوء، بينما أسلاكها تتخذ طريقها من الوراء إلى المخ. وسيضحك لأى اقتراح بأن الخلايا الضوئية قد تكون متجهة بعيدا عن الضوء، بينما أسلاكها تغادرها على الجانب «الأقرب» للضوء. إلا أن هذا هو مايحدث بالضبط فى كل شبكيات الفقريات. فكل خلية ضوئية هى فى الواقع مثبتة للخلف، بينما سلكها يبرز من الجانب الأقرب للضوء. وعلى السلك أن ينتقل فوق سطح الشبكية حتى يصل إلى نقطة يغوص فيها خلال ثقب فى الشبكية (هو ما يسمى «بالبقعة العمياء») لينضم للعصب البصرى. ويعنى هذا أنه بدلا من أن يُضَمن للضوء مسار بلا عائق إلى الخلايا الضوئية، فإن عليه أن يمر خلال غابة من أسلاك التوصيل، بما يفترض أنه سيعانى على الأقل من بعض الإضعاف والتشويه (وهذا فى الواقع لايكون بدرجة كبيرة، إلا أنه مازال يشكل «مبدأ» فيها إساءة لأى ترتيب هندسى معقول!)

ولست أعرف التفسير المضبوط لهذا الحال الغريب من الأمور. ففترة التطور المتعلقة بذلك تمت منذ زمن طويل جدا. على أنى مستعد للمراهنة على أن ذلك له علاقة بمسار القذيفة المنحنى، ذلك المسار خلال مايرادف فى الحياة الواقعية أرض البيومورف، والذى ينبغى اتباعه حتى تدور الشبكية ملتفة على النحو الصحيح، إبتداءا من أيا ما كان العضو

السلف السابق للعين. ومن المحتمل أن كان هناك مسار هكذا، ولكن هذه المسار الإفتراضى عندما تحقق فى الأجساد الفعلية للحيوانات التوسطية ثبت أنه غير مواتى - غير مواتى على نحو مؤقت فحسب، ولكن هذا فيه الكفاية. ولعل التوسطيات حتى كانت ترى بأسوأ من أسلافها المعيبة، وليس مما يعزى أنها ستؤسس إبصارا أفضل لسلالتها البعيدة! فما يهم هو البقاء هنا والآن.

ويقرر قانون «دوللو» Dollo أن التطور غير قابل للانعكاس irreversible. وكثيرا مايخلط ذلك بقدر كبير من هراء مثالى عن حتمية التقدم، وكثيرا مايقرن بهراء جاهل عن أن التطور «ينتهك القانون الثانى للديناميكا الحرارية» (وأولئك الذين ينتمون إلى النصف المتعلم من السكان والذين حسب مايقول الروائى س.ب. سنو، يعرفون ماهو القانون الثانى، سيتبينون أنه لاينتهك بالتطور بأكثر مما ينتهك بنمو الطفل). وليس من سبب لأن تكون الاتجاهات العامة للتطور مما ينبغى ألا ينعكس. وإذا كان ثمة اتجاه نحو قرون كبيرة للوعل لفترة ما من التطور، فمن السهل أن يتلو ذلك الاتجاه ثانية نحو القرون الصغيرة. فالواقع أن قانون دولو هو فحسب مقولة بأنه مما يقل احتماله احصائيا أن يتم اتباع نفس المسار التطورى بالضبط مرتين (أو فى الحقيقة أى مسار «بعينه») فى أى من الاتجاهين. والخطوة الطافرة من السهل أن تنعكس. أما بالنسبة للأعداد الأكبر من الخطوات الطافرة، حتى فى حالة البيومورفات بجيناتها التسعة القليلة، فإن الفضاء الرياضى لكل المسارات المحتملة لهو جد متسع بحيث أن فرصة أن يصل قط مساران إلى نفس النقطه تصبح صغيرة إلى حد التلاشى. وهذا حتى أكثر صدقا بالنسبة للحيوانات الواقعية بجيناتها التى هى أكبر عددا إلى حد هائل. وليس هناك شيئا غامضا وملغزا بشأن قانون دولو، ولا هو بشئ نذهب للخارج «لنختبره» فى الطبيعة. إنه ينبع ببساطة من القوانين الأولية للاحتمال.

وللسبب نفسه بالضبط، فإنه مما هو قليل الاحتمال الى حد التلاشى أن يحدث قط التحرك فى المسار التطورى نفسه مرتين. ويبدو لنفس الأسباب الاحصائية، أنه مما يقل احتماله بما يشابه ذلك، أن خطين للتطور يبدآن من نقطتى ابتداء مختلفتين ينبغى أن يتلاقيا فى نقطة النهاية نفسها بالضبط.

وإذن، فإنها لشهادة لقوة الانتخاب الطبيعى تبهر كثيرا، عندما يمكن العثور على أمثلة عديدة فى الطبيعة الحقيقية، يظهر فيها أن خطوطا مستقلة للتطور آتية من نقط ابتداء مختلفة جدا، قد تلاقت فيما يبدو تماما على أنه نقطة الانتهاء نفسها. ولو نظرنا نظرة تفصيلية ـ ويكون من المزعج ألا نفعل ـ فسوف نجد أن التلاقى لايكون كليا. فخطوط التطور المختلفة تشى بأصولها المستقلة فى نقط تفصيلية عديدة. فعيون الأخطبوط مثلا، تشبه أعيننا كثيرا ولكن الأسلاك التى تخرج من خلاياها الضوئية لاتتجه أماما ناحية الضوء مثلما تفعل عندنا. وعيون الأخطبوط، من هذه الوجهة، مصممة على نحو أكثر «معقولية». وهى قد وصلت لنقطة نهاية مشابهة، ابتداءا من نقطة بداية مختلفة جدا. على أن ما يشى بالحقيقة لهو تفصيلات كهذه.

وأوجه الشبه المتلاقية ظاهريا كثيرا ماتثير الدهشة لأقصى حد، وسأكرس باقى هذا الفصل لبعض منها. وهى تمد بأشد البراهين على قوة الانتخاب الطبيعى فى أن يؤلف معا التصميمات الجيدة. على أن حقيقة أن التصميمات التى تتشابه ظاهريا لها أيضا أوجه اختلاف، فيها ما يشهد باستقلال أصولها وتاريخها التطورى. والمنطق الأساسى هو أنه إذا كان تصميم مابدرجة من الجودة بحيث يتطور مرة، فإن «القاعدة» التى فى التصميم نفسها جيدة بما يكفى لأن تتطور مرتين، من نقطتى ابتداء مختلفتين، فى أجزاء مختلفة من المملكة الحيوانية. ولايوجد ما يبين ذلك بأوضح من الحالة التى استخدمناها فى توضيحنا الأساسى للتصميم الجيد نفسه ـ تحديد الموضع بالصدى.

ومعظم مانعرفه عن تحديد الموضع بالصدى قد تأتى من الخفافيش (والأجهزة البشرية)، ولكنه يحدث أيضا فى عدد من المجموعات الحيوانية الأخرى التى لاعلاقة بينها. فهناك على الأقل مجموعتان منفصلتان من الطيور تقوم بتحديد الموضع بالصدى، كما أنه قد وصل إلى مستوى عال جدا من الحذق عند الدرافيل والحيتان. وفوق ذلك، فيكاد يكون مؤكدا أنه «أكتشف» على نحو مستقل بواسطة مايصل على الأقل إلى مجموعتين مختلفتين من الخفافيش. والطيور التى تقوم به هى طيور الزيت فى أمريكا الجنوبية، وسمامة الكهف swiftlet فى الشرق الأقصى، تلك التى تستخدم أعشاشها فى صنع

حساء أعشاش الطيور. وكلا النوعين من الطيور تبنى أعشاشها عميقا فى الكهوف حيث ينفذ الضوء قليلا أو لاينفذ، وكُلا من النوعين يقوم بالملاحة من خلال الظلام مستخدما أصداء الطرقعات الصوتية الخاصة به. والأصوات فى الحالتين مسموعة للبشر، وليست فوق صوتية مثل الطرقعات الخفاشية الأكثر تخصصا. والحقيقة أن أيا من هذين النوعين من الطيور لايبدو أنه قد نمّى تحديد الموضع بالصدى الى درجة الحذق التى عند الخفافيش. فطرقعاتها ليست من نوع التردد المعدل FM، ولاهى مما يظهر ملائما لقياس السرعة بإزاحة دوبلر. ومن المحتمل أنها مثل خفاش الفاكهة روزيتاس، تقيس فحسب زمن فترة السكون بين كل طرقعة وصداها.

وفى هذه الحالة فإن فى وسعنا التأكد تأكدا مطلقا من أن نوعى الطير قد ابتكرا تحديد الموضع بالصدى بصورة مستقلة عن الخفافيش، وبصورة مستقلة أحدهما عن الآخر. وخط الاستدلال هنا هو من نوع يستخدمه التطوريون كثيرا. فنحن ننظر إلى كل آلاف أنواع الطير، ونلاحظ أن الأغلبية العظمى منها لاتستخدم تحديد الموضع بالصدى. فلا يفعل ذلك سوى جنسين من الطيور فحسب، صغيرين معزولين، وهذان الجنسان لايشتركان معا فى شئ سوى أنهما كلاهما يعيشان فى الكهوف. ورغم أننا نؤمن بأن كل الطيور والخفافيش لابد وأن لها جد مشترك لو تتبعنا أسلافها للخلف بما يكفى، إلا أن هذا الجد المشترك كان أيضا الجد المشترك لكل الثدييات (بما فيها نحن أنفسنا) ولكل الطيور. والأغلبية العظمى من الثدييات والأغلبية العظمى من الطيور لاتستخدم تحديد الموضع بالصدى، ومن المحتمل إلى حد كبير أن جدهم المشترك لم يفعل ذلك أيضا (كما أنه لم يطر ـ فهذه تكنولوجيا أخرى تم تطورها مرات عديدة بصورة مستقلة). ويتبع ذلك أن تكنولوجيا تحديد الموضع بالصدى قد تم تنميتها فى الخفافيش والطيور على نحو مستقل، تماما مثلما تم إنشاؤها على نحو مستقل بواسطة كل من العلماء البريطانيين والأمريكيين والألمان. ونفس نوع الاستدلال، على نطاق أصغر، يؤدى إلى استنتاج أن الجد المشترك لطير الزيت وسمامة الكهف لم يستخدم أيضا تحديد الموضع بالصدى، وأن هذين الجنسين قد نميا التكنولوجيا نفسها، كل منهما مستقلا عن الآخر.

ومن بين الثدييات أيضا، فإن الخفافيش ليست المجموعة الوحيدة التى نمّت مستقلة تكنولوجيا تحديد الموضع بالصدى. فثمة أنواع مختلف عديدة من الثدييات مثل الزباب(*) Shrew والجرذان والفقمة، يبدو أنها تستخدم الأصداء إلى حد صغير كما يستخدمها العميان من البشر، على أن الحيوانات الوحيدة التى تنافس الخفافيش حذقا هى الحيتان. والحيتان تنقسم إلى مجموعتين رئيسيتين، الحيتان ذات الأسنان والحيتان الفكية. وكلاهما بالطبع ثدييات تنحدر من أسلاف سكنت على الأرض، ولعل كل منهما أيضا قد «ابتدع» أسلوب عيش الحيتان مستقلا عن الآخر، إبتداءا من سلفين مختلفين من سكان الأرض. والحيتان ذات الأسنان تشمل حيتان العنبر والحيتان القاتلة، والأنواع المختلفة من الدرافيل، وكلها تصطاد فريسة كبيرة نسبيا مثل السمك والحبّار، تمسكها فى فكيها. وثمة حيتان عديدة من ذوات الأسنان قد طورت فى رؤوسها أجهزة بارعة لرجع الصدى، ولم يدرس منها دراسة متقنة إلا الدرافيل.

والدرافيل تبث تقاطرات سريعة من طرقعات عالية الطبقة، بعضها مسموع لنا وبعضها فوق صوتى. ومن المحتمل أن «البطيخة»، أو القبة الناتئة على مقدم رأس الدرفيل، والتى تبدو ـ فى اتفاق مبهج ـ مثل قبة الرادار التى تبرز بروزا عجيبا فى طائرة المراقبة «نمرود» التى تستخدم للإنذار المبكر»، هذه القبة من المحتمل أنها على علاقة بتوجيه إشارات السونار أماما، وإن كانت طريقة عملها بالضبط غير مفهومة. وكما فى حالة الخفافيش فثمة «سرعة انطلاق» للطرقعات بطيئة نسبيا، تزيد إلى طنين عالى السرعة (٤٠٠ طرقعة فى الثانية) عندما يقترب الجيوان منقضا على فريسة. بل إن سرعة الانطلاق «البطيئة» هى إلى حد ما سريعة. ودرافيل النهر التى تعيش فى المياه الموحلة يحتمل أن تكون أمهر من يحدد الموضع بالصدى، على أن بعض درافيل البحار المفتوحة قد ظهر من الاختبارات أنها أيضا بارعة نوعا. ويستطيع درفيل الأطلسى ذو الأنف الشبيه بالزجاجة أن يميز الدوائر، والمربعات، والمثلثات (وكلها بنفس المساحة القياسية)، بأن يستخدم فحسب جهازه للسونار. وهو يستطيع أن يحدد أى الهدفين هو الأقرب، عندما يكون الفارق بينهما فحسب واحد وربع بوصة وعلى مسافة كلية تقارب سبع ياردات. ويستطيع أن يكتشف دائرة من

(*) حيوان طويل الخطم، يشبه الفأر ويأكل الحشرات. (المترجم).

الصلب فى نصف حجم كرة الجولف، على مدى ٧٠ ياردة. وهذ الأداء لا يعد تماما فى جودة «الإبصار» البشرى فى الضوء الجيد، ولكنه فيما يحتمل أفضل من الإبصار البشرى فى ضوء القمر. وثمة اقتراح مغو بأن الدرافيل لديها لو اختارت إمكان استخدام وسائل توصل بلا مجهود «صورا عقلية» من الواحد للآخر. وكل ماعليها أن تفعله هو أن تستخدم أصواتها العالية عديدة الاستخدامات لتحكى نمط الصوت الذى تصدره الأصداءعن شئ بذاته. وبهذه الطريقة فإنه يمكنها أن ينقل أحدها للآخر الصور العقلية لمثل هذه الأشياء. وليس من برهان على هذا الاقتراح المبهج. ونظريا، فإن الخفافيش يمكنها أن تفعل نفس الشئ، إلا أنه يبدو أن الأكثر احتمالا لأن يرشح لذلك هو الدرافيل لأنها عموما أكثر اجتماعية. ولعلها أيضا «أمهر»، ولكن هذا الاعتبار ليس بالضرورة على علاقة بالموضوع. والأجهزة التي ستلزم لتوصيل صور الأصداء ليست فى المكان الأول بأكثر تعقدا من الأجهزة التى تمتلكها بالفعل الخفافيش والدرافيل لتحديد الموضع بالصدى، ويبدو أن سيكون هناك مدى متصل ميسر بين استخدام الصوت لإصدار الأصداء واستخدامه لتقليد الأصداء.

وهناك على الأقل مجموعتان من الخفافيش، ثم مجموعتان من الطيور، والحيتان ذات الأسنان، وربما على نطاق أصغر عدة أنواع أخرى من الثدييات، كلها قد تلاقت مستقلة على تكنولوجيا السونار، فى وقت ما أثناء مئات ملايين السنين الأخيرة. وليس لدينا أى طريقة لنعرف إذا كانت حيوانات أخرى قد انقرضت الآن ـ لعلها الزواحف المجنحة؟ ـ قد طورت أيضا هذه التكنولوجيا مستقلة.

وحتى الآن فما من حشرات أو أسماك قد وجد أنها تستخدم السونار، على أن ثمة مجموعتين من السمك مختلفتان تماما، إحداهما فى أمريكا الجنوبية والأخرى فى أفريقيا، قد نمتا نظام ملاحة مشابه إلى حد ما، ويبدو أنه يكاد يماثل السونار براعة، ويمكن النظر إليه كحل مقارب لنفس المشكلة وإن كان مختلفا. وهذا السمك هو مايدعى السمك الضعيف الكهربية. وكلمة «الضعيف» هى لتمييزه عن السمك القوى الكهربية، الذى يستخدم مجالات كهربية، لاللملاحة وإنما لصعق فريسته. وتكنيك الصعق، فيما يتفق، قد ابتكر أيضا على نحو مستقل بواسطة مجموعات عديدة من

السمك لاعلاقة بينها، مثل سمك «الثعبان» eel الكهربى (وهو ليس سمك ثعبان حقيقى ولكن شكله يلتقى بسمك الثعبان الحقيقى) وسمك الشفنين الكهربى.

والسمك الضعيف الكهربية فى أمريكا الجنوبية وذلك الذى فى أفريقيا لاتوجد بالمرة أى علاقة قرابه بين أحدهما والآخر، ولكنهما كلاهما يعيشان فى نفس أنواع المياه كل فى قارته، مياه جد موحلة حتى ليصبح الإبصار غير فعال. والقاعدة الفيزيائية التى يستغلانها ـ المجالات الكهربائية فى الماء ـ هى حتى غريبة عن وعينا أكثر من غربة قاعدة الخفافيش والدرافيل. فنحن لدينا على الأقل فكرة ذاتية عما يكونه الصدى، ولكننا لانكاد نملك أى فكرة ذاتية عما يمكن أن يشبهه الأمر بشأن إدراك مجال كهربائى .بل إننا لم نعرف بوجود الكهرباء قبل مرور قرنين. ونحن لانستطيع ككائنات بشرية ذاتية أن نتقمص مع السمك الكهربى، ولكننا نستطيع كفيزيائيين أن نفهمه.

ومن السهل أن نرى فى طبق وجبة العشاء أن العضلات تنتظم على كل جانب من أى سمكة كصف من الفصوص، «بطارية» من الوحدات العضلية. وهى فى معظم الأسماك تنقبض متتابعة لترمى الجسد فى موجات متعرجة، تدفعه أماما. وفى السمك الكهربى،فى كل من القوى الكهربية والضعيف الكهربية، تصبح هذه بطارية بالمعنى الكهربائى. فكل فص هو (خلية كهربائية) من البطارية تولد جهدا كهربيا (فولت) . وهذه الفولتات تتصل معا بالتوالى بطول السمكة بحيث أن البطارية كلها فى سمكة قوية الكهربية كسمك الثعبان الكهربى تولّد مايصل إلى أمبير واحد من ٦٥٠ فولت. وسمك الثعبان الكهربى فيه من القوة ما يكفى لأن يصرع رجلا. والسمك ضعيف الكهربية لايحتاج لجهد أو تيار كهربائى عالى فى أغراضه، فهى أغراض من جمع المعلومات لاغير.

وقاعدة تحديد الموضع بالكهرباء ـ كما تسمى ـ مفهومة إلى حد كبير على مستوى الفيزيائيين، وإن لم تكن مفهومة بالطبع على مستوى السؤال عما تحس به لو كنت سمكة كهربية. والتوصيف التالى ينطبق بالتساوى على السمك ضعيف الكهربية الأفريقى والأمريكى الجنوبى: فالالتقاء هنا كامل إلى هذا الحد. يسرى التيار من النصف الأمامى للسمكة، خارجا إلى الماء فى خطوط تتقوس مرتدة لتعود إلى الطرف الذيلى للسمكة.

وهى فى الواقع ليست «خطوط» منفصلة وإنما هى «مجال» متصل، شرنقة كهربائية غير مرئية تحيط بجسد السمكة. على أنه لغرض التصور البشرى، يكون من الأسهل أن نفكر فى لغة من مجموعة من الخطوط المقوسة تغادر السمكة من خلال سلسلة من كوى جانبية وضعت على مسافات بطول النصف الأمامى لجسم السمكة، وكلها تدور متقوسه فى الماء لتغوص ثانية فى السمكة عند طرف ذيلها. والسمكة لديها مايصل إلى أن يكون مقاييس جهد دقيقة (فولتمترات) تتحكم فى قياس الجهد الكهربائى عند كل «كوة». وإذا كانت السمكة معلقة فى مياه مفتوحة دون عقبات من حولها، فإن الخطوط تكون أقواسا ناعمة. وتسجل كل مقاييس الجهد الدقيق عند كل كوة أن الجهد الكهربائى «طبيعى» بالنسبة لكوتها. ولكن عندما تظهر عقبة مافى الجيرة، كصخرة مثلا أو عنصر طعام، فإن خطوط التيار التى يحدث أن تصطدم بالعقبة سوف تتغير، وسيغير هذا من الجهد الكهربائى عند أى كوة قد تأثر خط تيارها، وستسجل هذه الحقيقة بواسطة مقياس الجهد المناسب. وهكذا فمن الناحية النظرية تستطيع آلة كمبيوتر، بمقارنة نمط الجهود الكهربائية المسجلة بمقاييس الجهد عند كل الكوى، أن تحسب نمط العقبات المحيطة بالسمكة. ومن الواضح أن هذا هو مايفعله مخ السمكة. ومرة أخرى، فلا ينبغى أن يعنى هذا أن السمك هو من جهابذة الرياضيين. فالسمك لديه جهاز يحل المعادلات اللازمة، تماما مثلما يقوم مخنا دون وعى بحل معادلات كلما أمسكنا بكرة.

ومن المهم جدا أن يظل جسد السمكة ذاته متصلبا بصورة مطلقة. فالكمبيوتر الذى فى الرأس لايستطيع أن يتواءم مع التشوشات الإضافية التى سيتم إدخالها لو كان جسد السمكة ينحنى ويلتف مثل السمكة العادية. والسمك الكهربى قد توصل مستقلا فى مرتين على الأقل إلى هذه الطريقة البارعة للملاحة، ولكن كان عليه أن يدفع ثمنا لذلك: فإن عليه أن يكف عن الأسلوب الطبيعى ذى الكفاءة العالية لسباحة السمك، بإلقاء كل الجسد فى موجات حلزونية. وقد حل هذه المشكلة بأن أبقى جسده متصلبا مثل قضيب المدفأة، ولكن هذا السمك يتملك زعنفة طويلة وحيدة بطول جسمه كله. وهكذا فبدلا من أن يرمى الجسد كله فى موجات، فإن الزعنفة الطويلة وحدها تفعل ذلك. فيكاد تقدم السمكة خلال الماء أن يكون بطيئا، ولكنها تتحرك بالفعل، ومن الظاهر أن الأمر يستحق

التضحية بالحركة السريعة: فمكاسب هذه الملاحة يبدو أنها تفوق خسائر سرعة السباحة. وعلى نحوٍ يثير الافتتان، فإن سمك أمريكا الجنوبية الكهربى قد وقع على مايكاد يكون نفس الحل بالضبط مثل السمك الأفريقى، وإن كان يختلف شيئا ما. والإختلاف فيه مايكشف الأمور. فكلا المجموعتين قد نمت زعنفة وحيدة طويلة تمتد بطول الجسم كله، ولكنها فى السمك الأفريقى تمتد بطول الظهر بينما تمتد فى السمك الأمريكى الجنوبى بطول البطن. وهذا النوع من الاختلاف فى التفصيل هو خاصة مميزة جدا فى التطور المتلاقى، كما سبق أن رأينا. وهو بالطبع خاصة مميزة أيضا للتصميمات المتلاقية التى يقوم بها مهندسون من البشر.

ورغم أن غالبية الأسماك ضعيفة الكهربية، فى كلتى المجموعتين الأفريقية والأمريكية الجنوبية، تفرغ شحناتها الكهربائية فى نبضات منفصلة وتسمى هذه الأسماك بأنواع «النبض» ، فإن أقلية من الأنواع فى كلتى المجموعتين تفعل ذلك بطريقة مختلفة وتسمى بأنواع «الموجة» . ولن أناقش هذه الاختلاف لأكثر من ذلك. ومايثير الاهتمام بالنسبة لهذا الفصل هو أن الإنقسام إلى نبض / موجة قد تطور مرتين بصورة مستقلة، فى جماعات لاعلاقة قرابة بينها فى العالم الجديد والعالم القديم.

وثمة مثل للتطور المتلاقى هو من أكثر الأمثلة التى أعرفها غرابة ويختص بما يسمى حشرة الزيز الدورية Periodical Cicadas. وقبل الوصول إلى هذا التلاقى، يجب أن أمد ببعض خلفية من المعلومات. إن للكثير من الحشرات مايكاد يكون انفصالا صارما بين طور يافع للتغذية، تقضى فيه معظم حياتها، وطور بلوغ وتكاثر قصير نسبيا. فذبابة النوار مثلا May Fly تقضى معظم حياتها كيرقة تتغذى تحت الماء، ثم تخرج إلى الهواء ليوم واحد تحشد فيه كل حياة بلوغها. ويمكننا أن نتصور الحشرة البالغة كمماثل للبذور المجنحة لنبات كالجميز، وإن نعتبر اليرقة كمماثل للنبات الرئيسى، والفارق هو أن أشجار الجميز تنتج بذورا كثيرة وتسقطها عبر سنوات كثيرة متتالية، بينما يرقة ذبابة النوار لاتنتج إلا حشرة بالغة واحدة، تماما عند النهاية من حياتها هى نفسها. وعلى أى فإن حشرات الزيز الدورى قد وصلت بنزعة ذبابة النوار إلى الحد الأقصى. فالحشرات البالغة تعيش لأسابيع معدودة، ولكن الطور «اليافع» (هو تكنيكيا «عذراوات» أكثر منه يرقات) يبقى ١٣

عاما (فى بعض التنوعات) أو ١٧ عاما (فى تنوعات أخرى). وتخرج الحشرات البالغة تقريبا فى نفس اللحظة بالضبط، بعد أن تقضى ١٣ (أو ١٧) عاما معزولة تحت الأرض. وأوبئة الزيز التى تحدث فى أى منطقة معينة على فترات منفصلة بما يصل بالضبط إلى ١٣ (أو ١٧) عاما، هى انفجارات مذهلة من الحشرات أدت إلى إن يطلق عليها خطأ «الجراد» فى الحديث بالعامية الأمريكية. وهذه التنوعات تعرف بالتالى بزيز الثلاثة عشر عاما، وزيز السبعة عشر عاما.

والآن، فهاك الحقيقة اللافتة حقا. فقد ثبت فى النهاية أنه لايوجد فحسب نوع واحد من زيز الثلاثة عشر عاما ونوع واحد من زيز السبعة عشر عاما. والأحرى أنه يوجد ثلاثة أنواع، وكل من الثلاثة له تنوعين أو جنسين من كلا من السبعة عشر عاما والثلاثة عشر عاما. فالتقسيم إلى جنس الثلاثة عشر والسبعة عاما قد تم الوصول إليه بصورة مستقلة لا أقل من ثلاث مرات. ويبدو الأمر كما لو كانت الفترات التوسطية من ١٤، و١٥، و١٦ عاما قد تم التخلص منها على نحو متلاقى، لا أقل من ثلاث مرات. لماذا؟ لسنا نعرف. والاقتراح الوحيد الذى تقدم به أى فرد هو أن الأمر الخاص بالأعداد ١٣ ،و١٧ بالمقارنة بـ ١٤، و١٥، و١٦ هو أنها أعداد أولية. والعدد الأولى لايقبل القسمة الصحيحة على أى عدد آخر. والفكرة هى أن ثمة جنسا من الحيوانات يتفجر بانتظام فى صورة أوبئة ويكتسب فائدة من أن يعمل فى فترات متناوبة حتى «يغمر» ويجيع أعداءه، المفترسة أو الطفيلية. وإذا كان توقيت هذه الأوبئة يتحدد بعناية ليقع منفصلا بعدد أولى من السنين، فإن هذا يزيد كثيرا من صعوبة أن يزامن الأعداء، توقيت دورات حياتهم الخاصة بهم مع هذه التوقيت. ولو كانت حشرات الزيز تتفجر مثلا كل ١٤ عاما، فإنه كان سيمكن أن يتم استغلالها بواسطة نوع من الطفيليات تكون دورة حياته كل سبع سنوات. وهذه فكرة عجيبة. ولكنها ليست أعجب من الظاهرة نفسها. ونحن فى الواقع لانعرف ماهو الخاص فيما يتعلق بـ ١٣، و١٧ عاما. ومايهم بالنسبة لغرضنا هنا هو أنه لابد من وجود «شئ ما» خاص فيما يعلق بهذه الأرقام، لأن هناك ثلاثة أنواع مختلفة من الزيز قد تلاقت عليها بصورة مستقلة.

وتحدث أمثلة من التلاقى على نطاق كبير عندما تنعزل قارتان أو أكثر إحداها عن الأخرى لزمن طويل، ويتم إتخاذ «مهن» يتوازى مداها عند حيوانات لاعلاقة قرابة بينها

فى كل من هذه القارات. وأنا أعنى «بالمهن» أساليب لكسب العيش، مثل النقب بحثا عن الديدان، والحفر بحثا عن النمل، ومطاردة آكلات العشب الكبيرة، وأكل الأوراق من أعلى الشجر. ويوجد مثل جيد لذلك فى التطور المتلاقى لمدى كامل من مهن الثدييات فى القارات المنفصلة لأمريكا الجنوبية، واستراليا، والعالم القديم.

وهذه القارات لم تكن دائما منفصلة. ولما كانت حيواتنا تقاس بالعقود، وحتى حضاراتنا وأسرنا الحاكمة تقاس بالقرون فحسب، فقد تعودنا أن نفكر فى خريطة العالم، والخطوط المحددة للقارات، كما لو كانت ثابتة. ونظرية أن القارات قد انجرفت بعيدا قد قدمها منذ زمن طويل الجيوفيزيائى الألمانى الفريد فيجينر على أن معظم الناس ضحكوا منه لزمن يصل إلى مابعد الحرب العالمية الثانية بكثير. والحقيقة المعترف بها من أن أمريكا الجنوبية وأفريقيا تبدوان نوعا وكأنهما قطعتان مفصولتان من أحجية للصور المقطعة، كان يفترض أنها فحسب صدفة مسلية. وفى إحدى أسرع وأكمل الثورات التى عرفها العلم، فإن نظرية «انجراف القارات» التى كانت فيما مضى موضع جدل أصبحت الآن مقبولة عالميا تحت إسم تشكيل القشرة(*) plate tectonics. والبرهان على أن القارات قد انجرفت، وأن أمريكا الجنوبية مثلا قد انفصلت حقا عن أفريقيا، هو الآن برهان ساحق بالمعنى الحرفى للكلمة، على أن هذا ليس كتابا عن الجيولوجيا ولن أقدم شرحا لهذا الأمر. وبالنسبة لنا فإن النقطة الهامة هى أن المقياس الزمنى الذى انجرفت به القارات بعيدا هو تقريبا نفس المقياس الزمنى البطئ الذى تطورت به سلالات الحيوانات، وليس فى وسعنا أن نتجاهل الانجراف القارى إذا كان علينا أن نتفهم أنماط تطور الحيوان على تلك القارات.

وحتى مايقرب من مائة مليون سنة مضت، كانت أمريكا الجنوبية متصلة بأفريقيا فى الشرق وقارة القطب الجنوبى جنوبا. وكانت قارة القطب الجنوبى متصلة باستراليا، والهند متصلة بأفريقيا عن طريق مدغشقر. والحقيقة أنه كان هناك قارة جنوبية واحدة هائلة، نسميها الآن جوندوانالاند Gondwanaland ، تتكون مما هو الآن أمريكا الجنوبية، وأفريقيا، ومدغشقر، والهند، وقارة القطب الجنوبى، واستراليا كلها منضمة فى قارة

(*) عملية التشويه التى تغير شكل القشرة الأرضية لتحدث القارات والجبال ... الخ. (المترجم).

واحدة. وكان هناك أيضا قارة شمالية كبرى وحيدة تسمى لوراسيا Laurasia تتكون مما هو الآن أمريكا الشمالية، وجرينلاند، وأوروبا، وآسيا (فيما عدا الهند). وكانت أمريكا الشمالية غير متصلة بأمريكا الجنوبية. ومنذ مايقرب من مائة مليون سنة حدث انشطار كبير فى كتل الأرض، وظلت القارات تتحرك بطيئا منذ ذلك الوقت نحو مواضعها الحالية (وهى بالطبع ستواصل التحرك فى المستقبل). واتصلت أفريقيا بآسيا عن طريق بلاد العرب وأصبحت جزءا من القارة الهائلة التى تتكلم عنا الآن على أنها العالم القديم. وانجرفت أمريكا الشمالية بعيدا عن أوروبا، وانجرفت قارة القطب الجنوبى جنوبا لموضعها الثلجى الحالى. وفصلت الهند نفسها عن أفريقيا، ورحلت عبر مايسمى الآن المحيط الهندى، لترتطم فى النهاية بجنوب آسيا فترفع جبال الهملايا. وانجرفت استراليا بعيدا عن قارة القطب الجنوبى إلى البحر المفتوح لتصبح قارة جزيرة بعيدة عن أى مكان آخر.

ويتفق أن انشطار القارة الجنوبية العظمى جوندوانا لاند قد بدأ أثناء عصر الديناصورات. وعندما انفصلت أمريكا الجنوبية واستراليا ليبدأ فتراتهما الطويلة من العزلة عن باقى العالم، فإن كل منهما حملت معها شحنتها الخاصة من الديناصورات، وأيضا من الحيوانات الأقل شهرة التى أصبحت أسلاف الثدييات الحديثة. وعندما اندثرت الديناصورات فى وقت يكاد يكون متأخرا لأسباب غير مفهومة ومازالت موضوع تأمل له فوائده الكثيرة (وذلك فيما عدا مجموعة من الديناصورات نسميها الآن الطيور)، عم اندثارها العالم كله، وترك هذا فراغا فى «المهن» مفتوحا للحيوانات التى تسكن الأرض. وامتلأ الفراغ، عبر فترة من ملايين السنين من التطور، وكان ذلك فى أغلبه بالثدييات. والنقطة الشيقة لنا هنا هو أنه وجد على نحو مستقل ثلاثة فراغات، امتلأت على نحو مستقل بالثدييات فى استراليا وامريكا الجنوبية والعالم القديم.

والثدييات البدائية التى اتفق أن كانت موجودة فى المناطق الثلاث عندما خلفت الديناصورات، فى نفس الوقت تقريبا، فراغا فى مهن الحياة العظمية، كانت كلها بالتقريب صغيرة تافهة، وربما ليلية، فهى مما كانت الديناصورات فيما مضى تحجبه وتقهره. وقد أصبح من الممكن لهذه الثدييات البدائية أن تتطور فى المناطق الثلاث فى اتجاهات تختلف جذريا. وهذا هو ماحدث إلى حد ما. فليس فى العالم القديم مايشبه

كسلان الأرض العملاق ground sloth فى جنوب أمريكا، الذى اندثر الآن، وياللخسارة. وقد شمل المدى الهائل لثدييات أمريكا الجنوبية خنزير غينيا العملاق الذى اندثر، وحيوانا فى حجم الخرتيت الحديث ولكنه من الجرذان (وعلىّ أن أقول خرتيت «حديث» لأن قائمة حيوانات العالم القديم كانت تشمل خرتيتا ماردا فى حجم منزل من طابقين). ورغم أن القارات المنفصلة قد أنتج كل منها ثديياته الفريدة، إلا أن النمط العام للتطور فى كل المناطق الثلاث كان النمط نفسه. ففى كل المناطق الثلاث انتشرت الثدييات التى اتفق أن كانت موجودة عند البداية انتشارا مروحيا بالتطور، وأنتجت متخصصا فى كل مهنة وصل فى الكثير من الأحوال إلى أن يحمل مشابهة ملحوظة للمتخصص المقابل له فى المنطقتين الأخريتين. وكل مهنة، مهنة النقب، ومهنة الصائد الكبير، ومهنة رعى السهول وما إلى ذلك، كانت عرضة لتطور متلاقى يتم بصورة مستقلة فى قارتين أو ثلاثة من القارات المنفصلة. وبالإضافة إلى هذه الأماكن الثلاثة الرئيسية للتطور المستقل، فإن جزرا أصغر مثل مدغشقر لها مايخصها من قصص شيقة موازية لذلك، لن أتطرق إليها.

ولو وضعنا جانبا الثدييات الغريبة التى تضع البيض فى استراليا ــ خلد الماء(*) Platy-pus ذو منقار البطة، وآكل النمل ذو الأشواك ــ فإن الثدييات الحديثة كلها تنتمى إلى مجموعة أو الأخرى من مجموعتين كبيرتين. وهاتان المجموعتان هما ذوات الجراب (التى تولد أطفالها صغيرة جدا ثم يحتفظ بها فى جراب) وذوات المشيمة (وهى سائر الباقى منا). وقد وصلت ذوات الجراب إلى أن تهيمن على القصة الأسترالية وهيمنت ذوات المشيمة على العالم القديم بينما تؤدى المجموعتان أدوارا هامة إحداهما بجانب الأخرى فى أمريكا الجنوبية. وقصة أمريكا الجنوبية يعقدها حقيقة أنها تعرضت لموجات متقطعة من غزو الثدييات من أمريكا الشمالية.

وإذ يستقر بنا المشهد، فإننا نستطيع الآن أن ننظر إلى بعض المهن والتلاقيات نفسها. ومن المهن المهمة ما يختص باستغلال أراضى العشب الهائلة التى تعرف بأسماء مختلفة كالبرارى والبامباس والسافانا.. إلخ. وممارسو هذه المهنة يشملون الخيل (وأهم أنواعها

(*) حيوان مائى ثديى فى استراليا له منقار كالبطة ويضع بيضا. (المترجم).

الأفريقية يدعى الزبرا «حمار الوحش» بينما تدعى الأنماط الصحراوية الحمير) والماشية مثل بيزون(*)Bison أمريكا الشمالية الذى يكاد ينقرض الآن بالصيد. والعاشبات لها على نحو نمطى أحشاء طويلة جدا تحوى أنواعا شتى من بكتريا التخمير، حيث أن العشب نوع ردئ من الطعام ويحتاج إلى الكثير من الهضم. وبدلا من أن توزع العاشبات أكلها فى وجبات منفصلة، فإنها على نحو نمطى تأكل أكلا يكاد يكون متصلا. وتسرى أحجام ضخمة من المواد النباتية من خلالها بطول اليوم كالنهر. وغالبا ماتكون هذه الحيوانات كبيرة جدا، وكثيرا ماتجوب الأرض فى قطعان هائلة. وكل واحد من العاشبات الكبيرة هذه هو جبل من طعام نفيس بالنسبة لأى مفترس يستطيع استغلاله. وكنتيجة لذلك فإن هناك، كما سوف نرى، مهنة كاملة مكرسة لهذا العمل الشاق من إمساكها وقتلها. وهذه هى الضوارى. والواقع أنى حينما أقول «مهنة» فإن أعنى واقعيا مجموعة بأسرها من «المهن الفرعية»: الأسود، والنمور الرقطاء، وفهود الشيتا، والكلاب المتوحشة، والضباع، كلها تصطاد بأساليبها التخصصية الخاصة بها. ونفس النوع من التقسيم موجود بين العاشبات، وفى كل «المهن» الأخرى.

والعاشبات ذات حواس مرهفة تكون بواسطتها متيقظة باستمرار للضوارى، وهى عادة قادرة على الجرى سريعا جدا لتهرب منها. ولهذا الغرض فإنها كثيرا مايكون لديها سيقان طويلة نحيلة، وهى تجرى نمطيا على أطراف أصابع أقدامها، التى تستطيل وتقوى على وجه خاص فى التطور. والأظافر التى فى أطراف أصابع الأقدام التخصصية هذه تصبح كبيرة صلبة ونسميها الحوافر. والماشية لديها أصبعا قدم متضخمان عند أطراف كل ساق: إنها الحوافر «المشقوقة» المألوفة. والخيل تفعل تقريبا نفس الشئ، فيما عدا أنها ربما لسبب من عارض تاريخى، تجرى على أصبع قدم واحد بدلا من اثنتين. وهو مشتق مما كان أصلا الإصبع الوسطى من أصابع القدم الخمسة. والأصابع الأخرى قد اختفت تقريبا بالكامل عبر الزمان التطورى، وإن كانت تعود أحيانا للظهور ثانية فى «انتكاسات» عجيبة.

والآن، فكما قد رأينا، فإن أمريكا الجنوبية كانت معزولة فى الفترة التى كانت الخيل والماشية تتطور فيها فى أجزاء العالم الأخرى. ولكن أمريكا الجنوبية لها أراضيها العشبية

(*) حيوان برى يشبه الثور، ويكاد ينقرض. (المترجم).

الهائلة، وهى قد طورت مجموعاتها المنفصلة الخاصة من العاشبات الكبيرة لاستغلال هذا المصدر. وكان هناك حيوانات هائلة ضخمة تشبه الخرتيت ولا علاقة لها به. وجماجم بعض العاشبات القديمة بأمريكا الجنوبية تشير إلى أنها قد «اخترعت» الخرطوم على نحو مستقل عن الأفيال الحقيقية. وبعضها كان يشبه الجمل، وبعضها كان لايشبه أى شئ على الأرض (فى يومنا) أو يشبه حيوانات سحرية غريبة لها أجزاء من مختلف الحيوانات الحديثة. فالمجموعة المسماه الليتوبترنات Litopterns تكاد تشبه الخيل فى سيقانها بصوره لاتُصدَّق، إلا أنها ليس لها أى علاقة قرابة بالخيل مطلقا. وقد خدعت المشابهة الظاهرية خبيرا أرجنتينيا فى القرن التاسع عشر فظن فى خيلاء قومية تُغفر له، أنها أسلاف كل الخيل فى باقى العالم. والحقيقة أن مشابهتها للخيل هى مشابهة سطحية ومتلاقية. والمعيشة فى أرض العشب تتماثل كثيرا فى العالم كله، والخيل والليتوبترنات قد طورت مستقلة نفس الصفات لتتلاءم مع مشاكل حياة أرض العشب. وبالذات فإن الليتوبترنات مثل الخيل قد فقدت كل أصابع أقدامها إلا الإصبع الوسطى فى كل ساق، فقد أصبح متضخما، بصفته المفصل السفلى للساق ونمىّ حافرا. وساق الليتوبترن تكاد أن تكون غير مميزة عن ساق الخيل، إلا أن الحيوانين ليسا إلا على علاقة قرابة بعيدة.

وفى استراليا تختلف الحيوانات الكبيرة التى ترعى العشب أو الحشائش اختلافا كبيرا ـ إنها الكنجر والكنجر يحتاج نفس الاحتياج للحركة السريعة، ولكنه يقوم بها بطريقة مختلفة. فبدلا من أن ينمى كالخيل (والليتوبترنات فيما يفترض) طريقة العدو بالأرجل الأربعة بما يصل إلى أعلى درجات الإتقان، فإن حيوانات الكنجر قد برعت فى طريقة سير مختلفة: هى القفز بساقين مع ذيل كبير كأداة توازن. وليس من فائدة تذكر فى أن نناقش أى طريقتى السير هى «الأفضل». إن كلا منهما طريقة عظيمة الفعالية إذا تطور الجسم بحيث يستغلها أتم الاستغلال. وقد اتفق أن الخيل والليتوبترنات قد استغلت العدو بالسيقان الأربعة، وهكذا انتهيا بسيقان تكاد تكون متماثلة. واتفق أن حيوانات الكنجر قد استغلت الوثب بساقين، وهكذا انتهت بما تنفرد بامتلاكه (على الأقل منذ الديناصورات) من ضخامة السيقان الخلفية والذيول. إن حيوانات الكنجر والخيل قد وصلتا إلى نقطتى

اتجاه مختلفتين فى «الفضاء الحيوانى»، وربما يكون ذلك بسبب بعض اختلاف عارض فى نقطى ابتداءهما.

لنلتفت الآن إلى اللاحمات التى تفر منها العاشبات الضخمة، وسوف نجد نقط تلاقى أكثر سحرا. ونحن فى العالم القديم قد اعتدنا معرفة الحيوانات الصائدة الكبيرة مثل الذئب، والكلاب، والضباع، والقطط الكبيرة ـ الأسود، والنمور، والنمور الرقطاء وفهود الشيتا. ومن القطط الكبيرة التى اندثرت حديثا فحسب («النمر») ذو السن السيف، والذى سمى على نابه الهائل الذى يبرز لأسفل من فكه العلوى فى مقدمة ما لابد وأنه كان فتحة فاه رهيبة. وحتى الأزمنة الحديثة لم يكن فى استراليا ولا العالم الجديد أى قطط أو كلاب حقيقية (البوما والجاجوار(*) قد تطورت حديثا من قطط العالم القديم). على أنه فى كلتى هاتين القارتين كان ثمة مرادفات جرابية. ففى استراليا كان هناك الثيلاسين Thylacine، أو «الذئب» ذى الجراب (كثيرا مايسمى بذئب تسمانيا لأنه بقى فى تسمانيا لزمن أطول قليلا مما فى الأرض الرئيسية فى استراليا)، وهو الذى دفع به إلى الاندثار على نحو مأساوى بما تعيه ذاكرة الأحياء، فكان البشر يذبحونه بأعداد هائلة باعتباره «مؤذيا» أو لأغراض «الصيد» (وثمه أمل ضئيل فى أنه ربما مازال باقيا فى أجزاء قصية من تسمانيا، فى مناطق هى نفسها الآن مهددة بالدمار بأغراض تهيئة «وظيفة» للبشر). وبالمناسبة، فإن هذا الحيوان لاينبغى أن يخلط بالدنجو dingo ، الذى هو كلب حقيقى، أدخل إلى استراليا فى وقت أحدث بواسطة الانسان (الأبوريجينى). وقد صنع فيلم سينمائى فى عام ١٩٣٠ عن آخر ما عرف من حيوانات الثيلاسين، وهو يخطو قلقا فى قفص حديقة الحيوانات الموحش، ويظهر الفيلم حيوانا يشبه الكلب على نحو خارق، ولا يكشف عن طبيعته كحيوان جرابى إلا طريقته التى تختلف اختلافا بسيطا عن طريقة الكلب فى اتخاذ وضع حوضه وسيقانه الخلفية، ولعل لذلك علاقة بالتوائم مع جرابه. وبالنسبة لأى محب للكلاب، فإنها لخبرة مؤثرة أن يتأمل هذا التناول البديل لتصميم الكلب، هذا المسافر فى التطور على طريق موازى تفصله مائة مليون سنة، هذا الحيوان المألوف جزئيا، وإن كان جزئيا غريبا تماما عن كلب العالم الآخر. ولعل هذه الحيوانات

(*) البوما هى قطة وحشية (أسد) أمريكية، والجاجوار هو النمر الامريكى. (المترجم).

كانت مؤذية للبشر، ولكن البشر كانوا أشد إيذاءا لها، والأن فما من حيوانات من الثلاسين باقية، وإنما قد بقى فائض من البشر له اعتباره.

وفى أمريكا الجنوبية أيضا لم يكن ثمة كلاب ولا قطط حقيقية أثناء فترة العزلة الطويلة التى نناقشها، ولكن كان هناك مرادفات جرابية كما فى استراليا. ولعل أكثرها روعة حيوان ثيلاكوزميلوس Thylacosmilus الذى يشبه بالضبط «نمر» العالم القديم ذو السن السيف الذى اندثر حديثا، بل لعله أكثر روعة لو أنك رأيت ما أعنيه. ففتحة فاه ذات الخنجر كانت حتى أوسع، وإنى لأتخيل أنه كان حتى أكثر إرعابا. وإسمه يسجل مشابهته الظاهرية بالسن ـ السيف (Smilodon) وبذئب تسمانيا (Thylacinus)، ولكنه بلغة الأسلاف يبتعد عن كل منهما بعدا كبيرا. وهو أقرب إلى حد بسيط من حيوان الثيلاسين لأنهما كليهما من ذوات الجراب، إلا أن الإثنين قد طورا تصميمهما كلاحمين كبيرين على نحو مستقل فى قارتين مختلفتين، كل منهما مستقلا عن الآخر ومستقلا عن اللاحمات المشيمية، أى القطط والكلاب الحقيقية للعالم القديم.

وتقدم استراليا، وأمريكا الجنوبية، والعالم القديم أمثلة عديدة أخرى لتعدد التطور المتلاقى. ففى استراليا «خلد» جرابى، هو ظاهريا مما لايكاد يتميز عن الحيوانات الخلد التقليدية فى القارات الأخرى، ولكنه ذو جراب، وهو يقوم بكسب عيشه بنفس طريقة حيوانات الخلد الأخرى وله نفس المخالب الأمامية التى قويت بصورة هائلة لتقوم بالحفر. وثمة فأر ذو جراب فى استراليا، وإن كانت المشابهة فى هذه الحالة ليست جد وثيقة، وهو لايكسب عيشه بنفس الطريقة تماما. وأكل النمل (باعتبار أن «النمل» من باب التسهيل يشمل الأرضة Termites ـ وهذا تلاقى آخر كما سوف نرى) هو مهنة تشتغل بها ثدييات متلاقية شتى. ويمكن تقسيمها إلى آكلات النمل التى تنقب، وآكلات النمل التى تتسلق الأشجار، وآكلات النمل التى تجوس فوق الأرض. وفى استراليا، كما قد تتوقع، يوجد آكل نمل ذى جراب. وهو يسمى ميرميكوبيوس Myrmecobius، وله خطم طويل رفيع للتنقيب فى جحور النمل، ولسان طويل لزج يلتهم به فريسته. وهو آكل نمل يسكن الأرض. واستراليا لها أيضا آكل نمل ينقب هو آكل النمل ذو الأشواك. وهو

ليس بجرابى، وإنما هو عضو فى مجموعة الثدييات واضعة البيض، وحيدة المخرج(*) Monotremes، وصلتها بعيده جدا عنا حتى أن ذوات الجراب تعد بالمقارنة أبناء عمومة وثيقة لنا. وآكل النمل الشوكى له أيضا خطم طويل مدبب، ولكن أشواكه تعطى له مشابهة سطحية بالقنفذ أكثر من مشابهته لآكل نمل آخر من النوع النمطى.

وكان من الممكن بسهولة أن يكون لأمريكا الجنوبية آكل نمل جرابى يحاذى «نمرها» الجرابى ذى السن السيف، على أنه قد اتفق بدلا من ذلك أن شغلت مهنة آكل النمل مبكرا بواسطة ثدييات مشيمية. وأكبر آكلى النمل الحاليين هو ميرميكوفاجا Myr-mecophaga (والتى تعنى بالضبط آكل النمل بالاغريقية)، وهو آكل النمل الكبير الذى يجوس الأرض فى أمريكا الجنوبية، ولعله أشد آكلى النمل تخصصا فى العالم. وهو مثل آكل النمل الجرابى الاسترالى ميرميكوبيوس، له خطم طويل مدبب، وهو فى هذه الحالة طويل ومدبب لأقصى حد، كما أن له لسان طويل لزج لأقصى حد. ولأمريكا الجنوبية أيضا آكل نمل صغير متسلق للشجر، وهو ابن عم وثيق للميرميكوفاجا ويبدو كنموذج مصغر له ونسخة أقل تطرفا، كما أن لها نوع ثالث توسطى. ورغم أن آكلات النمل هذه هى ثدييات مشيمية، إلا أنها بعيدة جدا عن أى من مشيميات العالم القديم. فهى تنتمى إلى عائلة فريدة بأمريكا الجنوبية، تشمل أيضا الأرماديللو(**) والكسلان. وهذه العائلة المشيمية القديمة قد تعايشت مع ذوات الجراب منذا الأيام المبكرة لانعزال القارة.

وآكلات النمل فى العالم القديم تشمل أنواعا من البنجول(***) Pangolin فى أفريقيا وآسيا، يتراوح مداها من الأشكال متسلقة الأشجار حتى الأشكال الحفارة، وكلها تشبه نوعا الفيركونس Fircones ذات الخطم المدبب. وفى أفريقيا أيضا دب النمل العجيب أو خنزير الأرض Aardvark، وهو متخصص جزئيا فى الحفر. وأحد القسمات التى تميز

(*) ثدييات دنيا لها مخرج واحد لأعضائها التناسلية والبولية والهضمية.

(**) حيوان من الدرداوات، لرأسه وجسمه درع من رقائق عظمية صغيرة يستطيع أن ينكمش فيها كالكرة.

(***) البنجول أو أم قرفة آكل نمل مغطى بقشور تشبه حراشف السمك. (المترجم).

كل آكلى النمل سواء الجرابية أو وحيدة المخرج أو المشيمية، هو انخفاض سرعة الأيض إلى أقصى حد. وسرعة الأيض هى السرعة التى تحترق بها «نيرانهم» الكيماوية، وأسهل طريقة لقياسها هى بدرجة حرارة الدم. وتنزع سرعة الأيض فى الثدييات عامة إلى أن تعتمد على حجم الجسم. فالحيوانات ذات الحجم الأصغر تنزع لأن يكون لها سرعة أيض أعلى، تماما مثلما تنزع محركات العربات الصغيرة لأن تدور بسرعة أكبر من سرعة العربات الكبيرة. على أن بعض الحيوانات يكون لها سرعة أيض كبيرة بالنسبة لحجمها، وآكلات النمل أيّاما كانت أسلافها وصلة نسبها، تنزع لأن يكون لها سرعة أيض منخفضة جدا بالنسبة لحجمها، وسبب ذلك ليس واضحا، ولكنه أمر فيه تلاقى على نحو مذهل بين حيوانات ليس بينها أى شئ مشترك سوى عادتها من حيث أكل النمل، بحيث أنه يكاد يكون من المؤكد أن هذا الأمر يتعلق على نحو ما بهذه العادة.

وكما رأينا فإن «النمل» الذى يأكله آكلي النمل كثيرا ما لايكون نملا حقيقيا على الإطلاق، وإنما هو أرضة، والأرضة كثيرا ماتعرف بأنها «النمل الأبيض»، ولكنها على صلة قرابة بالصراصير أكثر مما بالنمل الحقيقى، الذى هو على صلة قرابة بالنحل والدبابير. والأرضة تشبه النمل سطحيا لأنها قد اتخذت بالتلاقى نفس العادات. وينبغى أن أقول نفس المدى من العادات، لأن هناك فروعا مختلفة كثيرة لمهنة النمل / الأرضة، ومعظم هذه الفروع المهنية قد اتخذها النمل والأرضة معا، كلٌ منهما على نحو مستقل. وكما يحدث كثيرا فى التطور المتلاقى، فإن أوجه الاختلاف فيها مايكشف، مثلها مثل أوجه المشابهة.

والنمل والأرضة كلاهما يعيشان فى مستعمرات كبيرة تتكون فى أغلبها من الشغيلة العقيمة التى لا أجنحة لها، والتى تكرس لأن تنتج بكفاءة طوائف متكاثرة ذات أجنحة تطير بعيدا لتنشئ مستعمرات جديدة. ومن الفروق المثيرة للاهتمام أن الشغيلة عند النمل كلها إناث عقيمة، بينما هى عند الأرضة ذكور عقيمة وإناث عقيمة. ومستعمرات النمل والأرضة كل منها فيها «ملكة» واحدة متضخمة (وأحيانا عدة ملكات)، وأحيانا

(عند النمل والأرضة معا)، يكون تضخمها بشعا بما يضحك. وقد تشمل الشغيلة عند كل من النمل والارضة طوائف متخصصة تعمل كجنود. وأحيانا تكون هذه الطوائف بمثابة آلات مكرسة للحرب، خاصة بفكوكها الضخمة (فى حالة النمل، أما فى حالة الأرضة فثمة «أبراج مدفعية» للحرب الكيماوية)، بحيث أنها لا تقدر على إطعام نفسها، ويجب أن يتم إطعامها بواسطة الشغيلة من غير العسكر. وثمة أنواع خاصة من النمل توازن أنواعا خاصة من الأرضة .وكمثل، فإن عادة زرع الفطر قد نشأت مستقلة عند النمل (فى العالم الجديد)وعند الأرضة (فى أفريقيا). والنمل (أو الأرضة) تلتمس مؤونتها من المواد النباتية التى لاتهضمها هى نفسها ولكنها تجعلها فى مزيج تزرع عليه الفطر. والفطر هو ما تأكله هى نفسها. والفطر، فى كلا الحالين، لاينمو فى أى مكان آخر سوى فى أعشاش النمل أو الأرضة بالتتالى. وعادة زرع الفطر قد اكتشفت أيضا على نحو مستقل ومتلاقى (أكثر من مرة) بواسطة أنواع عديدة من الخنافس.

وثمة تلاقيات أخرى شيقة بين النمل، ورغم أن معظم مستعمرات النمل تعيش فى وجود مستقر داخل عش ثابت، إلا أنه يبدو أن ثمة نوع ناجح من كسب العيش بالتجول على شكل جيوش هائلة للنهب. ويسمى هذا بعادة الفيلقة Legionary. ومن الواضح أن كل النمل يجوس من حوله بحثا عن الطعام، إلا أن معظم الأنواع تعود بغنيمتها إلى عش ثابت، وهى تخلف الملكة والفقسات وراءها فى العش. وعلى الجانب الآخر، فإن مفتاح عادة الفيلقة الجّوابة، هو أن الجيوش تأخذ معها الملكة والفقسات. ويُحمل البيض واليرقات بين فكوك الشغيلة. وقد نُميت فى أفريقيا عادة الفيلقة فيما يسمى النمل السائق.driver ant. أما فى أمريكا الوسطى والجنوبية فإن «النمل الجيش army ant» هو الموازى الذى يشابه تماما النمل السائق فى العادة والمظهر. وهو ليس بالذات على صلة قرابة وثيقة به. فمن المؤكد أنه قد طور خصائص مهنة «الجيش» على نحو مستقل ومتلاقى.

والنمل السائق والنمل الجيش كلاهما لديه مستعمرات كبيرة إلى حد خارق، تصل

إلى المليون عند النمل الجيش، وإلى ٢٠ مليونا عند النمل السائق. وكلاهما له أطوار من ارتحال تتناوب مع أطوار من «استقرار»، فى معسكرات ثابتة نسبيا أو استراحات «وقتية». والنمل الجيش والنمل السائق أو بالحرى مستعمراتهما لو أخذناها ككل وكأنها وحدات مشابهة للأميبا، فإنهما كلاهما ضوارى قاسية رهيبة لأدغال كل منهما بالتتالى، وكلاهما يمزق بدن أى شئ حيوانى فى طريقهما، وكلاهما قد اكتسب أسطورة مرعبة فى أرضه الخاصة. والقرويون فى أجزاء من أمريكا الجنوبية قد اشتهر عنهم تقليديا أنهم يخلون قراهم ويغلقون كل مافيها غلقا محكما عندما يقترب جيش نمل كبير، ويعودون عندما تجتاز الفيالق قراهم، وقد طهرتها من كل صرصور، وعنكب، وعقرب حتى فى الأسقف القشّية. وأذكر أنى كنت وأنا طفل فى أفريقيا أرتعب من النمل السائق أكثر من الأسود والتماسيح. وهذه الشهرة المرعبة مما يستحق أن نبرزه للعيان بالاستشهاد بكلمات إدوارد إ.ويلسون أكبر مرجع ثقة فى العالم عن النمل وأيضا مؤلف «البيولوجيا الإجتماعية»:

«وللإجابة عن السؤال الوحيد الذى أُسأله أكثر الوقت عن النمل، فإننى أستطيع أن أعطى الإجابة التالية: ليس من نمل سائق لايكون حقا مصدر رعب للغابة. ورغم أن مستعمرة النمل السائق هى «حيوان» يزن أكثر من ٢٠ كجم ويمتلك مايقرب من ٢٠ مليون من الأفواه وحمات اللدغ، وهو بالتأكيد أكثر ما خلق إرعابا فى عالم الحشرات، إلا أنه لايضاهى مايروى عنه من قصص فظيعة. فمع كل، فإن السرب لايستطيع أن يغطى إلا ما يقرب من متر من الأرض كل ثلاث دقائق. وأى فأر دغل كفء، دع عنك الإنسان أو الفيل، يستطيع أن يخطو جانبا ويتأمل خالى البال كل ذلك السعار فى جذور العشب، وهو أمر فيه من الوعيد أقل مما فيه من غرابة وإدهاش، وهو ذروة قصة تطورية تختلف عن قصة الثدييات بقدر ما يمكن تصوره فى هذا العالم.»

وعندما كنت فتى بالغا فى بنما أذكر أنى خطوت جانبا، وتأملت مايرادف فى العالم الجديد النمل السائق، ذلك الذى أخافنى وأنا طفل فى أفريقيا، وهو ينساب بجوارى كنهر يمور، ويمكننى أن أشهدكم كان ذلك غريبا مدهشا. وظلت الفيالق تسير مارة بى ساعة

بعد ساعة، وهى تكاد تمشى وجسد الواحد منها فوق الأخر مثلما تمشى فوق الأرض، بينما كنت أنا فى انتظار الملكة. وأخيرا فإنها أتت، وكان لحضورها وقعه الرهيب. وكان من المستحيل رؤية جسدها. وبدت فحسب كموجة متحركة من سعار الشغيلة، كرة تغلى متموجة من نمل متصل الأذرع. وكانت هى فى مكان ما وسط كرة الشغيلة الفائرة، بينما حولها من كل مكان صفوف الجند المتكتلة وهى تواجه الخارج مهددة وقد فغرت فكوكها، وكل منها على استعداد لأن يَقتل ولأن يموت دفاعا عن الملكة. وأغفروا لى فضولى لرؤيتها: فقد نخست كرة الشغيلة بعصا طويلة، فى محاولة فاشلة لأثير الملكة للخروج. وفى التو غرس عشرون جنديا كلاّباتهم ذات العضلات الضخمة فى عصاتى، ولعلها لم تكن لتتركها قط، بينما اندفع عشرات أخرى لأعلى العصا، مما جعلنى أطلقها سريعا.

ولم ألمح قط الملكة بالفعل، ولكنها كانت فى مكان ما داخل تلك الكرة التى تغلى، البنك المركزى للمعلومات، مستودع حامض **د ن أ** الأساسى للمبتعمرة كلها. وكان أولئك الجنود فاغرى الأفواه على استعداد للموت من أجل الملكة، ليس لأنهم يحبون أمهم، وليس لأنهم قد دربوا على مثاليات من الوطنية، وإنما ببساطة لأن أمخاخهم وفكوكهم قد بنيت بجينات سُكّت بالقالب الأساسى الذى تحمله الملكة نفسها من داخلها. فهم يتصرفون كجنود شجعان لأنهم قد ورثوا جينات سلالة طويلة من الملكات السلف التى أنقذ حيواتها وجيناتها جنود شجعان مثلهم. وجنودى قد ورثوا نفس الجينات من الملكة الحالية مثلما ورثها أولئك الجنود القدامى من الملكات الأسلاف. وجنودى إنما يحرسون النسخ الأصلية للتعليمات نفسها التى تجعلهم يقومون بالحراسة. إنهم يحرسون حكمة أسلافهم، تابوت العهد. وهذه المقولات الغريبة سيتم توضيحها فى الفصل التالى.

لقد أحسست وقتها بالاستغراب والاندهاش، وقد خالطهما احساس بإحياء لمخاوف نصف منسية، ولكنها قد تحولت فى شكلها وتدعمت بفهم ناضج، كان ينقصنى وأنا طفل فى أفريقيا، فهم للهدف من هذا العرض كله. وتدعمت أيضا بمعرفة أن هذه

القصة عن الفيالق قد وصلت لنفس الذروة التطورية ليس مرة واحدة بل مرتين، فلم يكن هذا هو النمل السائق بكوابيس طفولتى، ومهما بدا مشابها له، فهو من أبناء عمومة بعيدة من العالم الجديد. وهو يقوم بالشئ نفسه مثل النمل السائق، وللأسباب نفسها. وإذا كان الوقت الآن ليلا فقد درت متجها للبيت، وأنا مرة أخرى طفل أصابته الرهبة، ولكنى مفعم بالبهجة فى عالم الفهم الجديد الذى حل بقوة مكان المخاوف الأفريقية السوداء.

الفصل الخامس

السلطة والمحفوظات (الأرشيف)

إن الدنيا بالخارج تمطر حامض **د ن أ**. على ضفة قناة أوكسفورد أسفل حديقتى ثمة شجرة صفصاف كبيرة، وهى تضخ فى الهواء بذورا ذات زغب. ويتحرك الهواء بلا نظام، فتنجرف البذور إلى الخارج من الشجرة فى كل اتجاه. وبقدر ما تصل إليه نظاراتى المكبرة، فإن الماء أعلا القناة وأسفلها قد ابيض بالنقط القطنية السابحة، وفى وسعنا أن نتيقن أنها قد كست الأرض بساطا يمتد إلى نفس البعد أيضا فى اتجاهات أخرى. وزغب القطن قد صنع فى أغلبه من السليولوز، وهو يحجّم كالقزم تلك الكابسولة الدقيقة التى تحوى حامض **د ن أ**، المعلومات الوراثية. فـ **د ن أ** هو المحتوى الذى يجب أن يكون نسبة صغيرة من الكل، وإذن فلماذا أقول أن الدنيا تمطر **د ن أ** بدلا من أن أقول أنها تمطر سليولوزا؟ والإجابة هى أن **دِ ن أ** هو مايهم، وزغب السليولوز رغم حجمه الأكبر، إلا أنه مجرد باراشوت، سوف يهمل أمره. والعرض كله، زغب القطن والنوارات والشجرة وكل شئ، يعمل من أجل دعم شئ واحد وشئ واحد فحسب، هو أن ينتشر **د ن أ** فيما حوله من الأرض. وليس أى **د ن أ**، وإنما **د ن أ** الذى توضح حروفه الشفرية تعليمات محدودة لبناء أشجار صفصاف سوف تسقط جيلا جديدا من البذور ذات الزغب. فهذه النقط ذات الزغب تنشر بالمعنى الحرفى تعليمات بأن تصنع نفسها. وهى موجودة هناك لأن أسلافها قد نجحت فى صنع نفس الشئ. إن الدنيا تمطر تعليمات هناك بالخارج، إنها تمطر برامج، إنها تمطر أرقاما شفرية تنمى الشجر وتنشر الزغب، وليست هذه إستعارة مجازية، إنها الحقيقة الواضحة. ولايمكن أن يكون الأمر أكثر وضوحا لو كانت الدنيا تمطر أقراص كمبيوتر لينة Floppy discs.

فالأمر واضح وحقيقى، ولكنه لم يتم فهمه من زمن طويل. فمنذ سنوات قليلة، لو سألت تقريبا أيا من البيولوجيين عما هو خاص فيما يتعلق بالشئ الحى مقارنا بما لاحياة فيه، لأنبأك عن مادة خاصة تدعى البروتوبلازم. والبروتوبلازم كان مما لايماثل أى مادة أخرى، إنه مادة حيوية، رعاشة، خفاقة، نابضة، «قابلة للاستثارة» (وهذه طريقة تعبير مدرسية للقول بأنها مادة ذات رد فعل). ولو أخذت جسدا حيا وقطعته إلى أصغر ما تستطيع من أجزاء صغيرة، ستصل فى النهاية إلى بقع من البروتوبلازم النقى. وقد حدث ذات مرة فى القرن الماضى، أن أستاذا يقابل فى الحياة الواقعية الأستاذ تشالنجر (المتحدى) عند أرثر كونان دويل(*) ..كان يظن أن نز الجلوبيجرينا(**)globigerina فى قاع البحر هو بروتوبلازم نقى. وعندما كنت تلميذا فى المدرسة، كان كبار السن من مؤلفى المراجع مازالوا يكتبون عن البروتويلازم، رغم أنه كان ينبغى عليهم حقا حينذاك أن يكونوا أفضل معرفة من ذلك. وفى وقتنا هذا لاتسمع قط هذه الكلمة ولاتراها. لقد أصبحت ميتة مثل كلمة اللاهوب(***) phlogiston والأثير الكونى. وليس من شئ خاص فيما يتعلق بالمواد التى تصنع منها الأشياء الحية. فالأشياء الحية هى مجموعات من الجزيئات، مثل أى شئ آخر.

وماهو خاص هو أن هذه الجزيئات توضع معا فى أنماط على درجة من التعقد أكبر كثيرا مما فى الأشياء غير الحية، ووضعها معا هكذا يتم باتباع برامج، أى مجموعات من التعليمات عن كيفية النمو، تحملها الكائنات الحية معها من داخل أنفسها. ولعلها بالفعل ترعش وتخفق وتنبض «بالاستثارة» وتتوهج بالدفء «الحى»، ولكن هذه الخصائص كلها تنبثق اتفاقا. أما ما يكمن فى لب كل شئ حىّ، فهو ليس باللهب، ولابدفء الأنفاس، ولا «بشرارة الحياة». إنه المعلومات. الكلمات، التعليمات. وإذا أردت استعارة من مجاز، فلا تفكر فى النيران والشرر والأنفاس. وإنما فكر بدلا من ذلك فى بليون من الأحرف المرقومة

(*) كاتب روائى انجليزى اشتهرت بعض الشخصيات التى ابتكرها فى رواياته مثل المخبر الشهير شرلوك هولمز. (المترجم

(**) من الحيوانات البحرية الدنيا ذات الأصداف المثقبة، المثقبات أو المنجريات. المترجم.

(***) مادة كيماوية رهمية كان يعتقد أنها من المقومات الأساسية للمواد الملتهبة. (المترجم).

المحفورة فى أقراص من البللور. وإذا أردت أن تفهم الحياة، فلا تفكر فى هلاميات ونزات رعاشة خفاقة، وإنما فكر فى تكنولوجيا المعلومات ـ وهذا هو ما كنت ألمح له فى الفصل السابق، عندما أشرت إلى ملكة النمل كبنك المعلومات المركزى.

والمطلب الأساسى للتكنولوجيا المتقدمة للمعلومات هو نوع من وسط للتخزين له عدد كبير من مواضع الذاكرة. ويجب أن يكون لكل موضع القدرة على أن يكون فى حالة واحدة من عدد من الحالات المتميزة. ويصدق هذا، بأى حال، على تكنولوجيا المعلومات «المرقومة» التى تسيطر الآن على عالمنا هذا ذى البدع. وثمة نوع بديل من تكنولوجيا المعلومات يتأسس على المعلومات «بالتماثل» Analogue. فالمعلومات على أسطوانة الجرامافون العادى هى تماثل. وهى مخزونة فى حز متموج. والمعلومات التى على قرص الليزر الحديث (الذى كثيرا ما يدعى «بالقرص المضغوط» Compact disc وهو أمر يؤسف له، لأنه اسم لايعطى معلومة كما أنه كثيرا ما يساء نطقه بالضغط على المقطع الأول) هى معلومات مرقومة، مخزونه فى سلسلة من نقر دقيقة، كل منها إما أن يكون موجودا بالتحديد أو غير موجود بالتحديد: فليس من نصف حدود. وهذه سمة تشخيصية للنظام المرقوم: إن عناصره الأساسية إما أن تكون على وجه التحديد فى إحدى الحالات أو على وجه التحديد فى حالة أخرى، وذلك من دون نصف حدود ولاتوسطيات ولاتوفيقات.

وتكنولوجيا المعلومات فى الجينات هى من النوع المرقوم. وقد اكتشف هذه الحقيقة جريجور مندل فى القرن الماضى، وإن كان هو ليس بمن يبينها على هذا النحو. لقد وضح مندل أننا لانمزج ميراثنا من والدينا الاثنين. إننا نتلقى ميراثنا فى جسيمات متميزة. وفيما يتعلق بكل جسيم، فإننا إما أن نرثه أو لانرثه. والواقع كما يوضح ر.أ. فيشر أحد الآباء المؤسسين لما يسمى الآن بالداروينية الجديدة، أن هذه الحقيقة من ميراث الجسيمات كانت دائما تبرز صارخة في وجهنا كلما فكرنا فى الجنس Sex. إننا نرث خواصا من والدين ذكر وأنثى، ولكن كل منا يكون إما ذكرا أو أنثى، وليس خنثى. وكل طفل مولود جديد لديه تقريبا «احتمال» متساو لأن يرث الذكورة أو الأنوثة، ولكن أى طفل واحد لايرث إلا إحدى الصفتين، ولايجمع بين الاثنتين. ونحن الآن نعرف أن الشئ نفسه

ينطبق علي كل جسيمات الميراث عندنا. إنها لاتمتزج، ولكنها تبقى متميزة منفصلة بينما هى تـخـلّط وتعيد تخليط مسارها عبر الأجيال. وطبيعى أنه كثيرا مايكون ثمة مظهر قوى من مزج لتأثيرات الوحدات الوراثية فى الأجساد. فإذا تزاوج شخص طويل مع قصير، أو شخص أسود مع أبيض، فكثيرا ما تكون سلالتهما توسطية. على أن مظهر المزج لاينطبق إلا على التأثيرات فى الجسد، وهو يرجع لمحصلة التأثيرات الصغيرة لعدد كبير من الجسيمات. والجسيمات نفسها تظل منفصلة متميزة عندما يصل الأمر إلى تمريرها للجيل التالى.

والتمييز بين التوارث المزجى وبين توارث الجسيمات كان له أهميته الكبرى فى تاريخ الأفكار التطورية. ففى زمن داروين كان كل فرد (عدا مندل الذى انطوى بعيدا فى ديره، فتم لسوء الحظ تجاهله إلى ما بعد مماته) يظن أن التوارث هو امتزاج. وثمة مهندس اسكتلندى يدعى فلمنج جنكن دلل (بما كان يظن أنه الحقيقة) على أن التوارث بالمزج ينفى تماما الانتخاب الطبيعى كنظرية معقولة للتطور. ويلاحظ إرنست ماير بلا شفقة أن مقال جنكن «يتأسس على كل أوجه التحيز وسوء الفهم المعتادة «للعلماء الفيزيائيين». ومع كل فإن داروين شُغل انشغالا عميقا بمحاجة جنكن. وكانت هذه تتجسد بأكثر الصور حيوية فى مثل عن تحطم سفينة رجل أبيض على جزيرة يسكنها «الزنوج»:

«ولنمنحه كل ميزة يمكن تصور أن الرجل الأبيض يتفوق بها على المواطن المحلى، ولنسلم بأنه فى صراعه من أجل البقاء ستتفوق فرصته للحياة لزمن طويل تفوقا أكبر كثيرا من فرصة الرؤساء المحليين، على أن كل هذه التسليمات لايترتب عليها استنتاج أنه بعد عدد من الأجيال محدود أو غير محدود، سيصبح سكان الجزيرة بيضا. وربما أصبح رجلنا بطل حطام السفينة ملكا، ولعله سيقتل عددا هائلا من السود فى صراع البقاء، ولعله سيصبح له عدد هائل من الزوجات والأطفال، بينما يعيش ويموت الكثيرون من رعاياه وهم عزاب.. ومن المؤكد أن ستنزع صفات رجلنا الأبيض نزوعا شديدا لأن تبقيه عمرا طويلاً جدا، ولكن ليس هناك أى عدد من الأجيال يكفيه لتحويل سلالة رعاياه إلى اللون الأبيض.. وسوف يوجد فى الجيل الأول بضع عشرات من صغار الخلاسيين الأذكياء، يتفوقون كثيرا على الزنوج فى متوسط الذكاء. ويمكننا توقع أن يُشغل العرش لعدة أجيال

بملك لونه أصفر بدرجة أو أخرى؛ ولكن هل يمكن لأى فرد أن يصدق أن الجزيرة كلها ستكتسب تدريجيا سكانا ذوى لون أبيض أو حتى أصفر، أو أن سكان الجزيرة سيكتسبون الطاقة، والشجاعة، والإبداع، والجلد، وضبط النفس، والتحمل، تلك الصفات التى بفضلها قام بطلنا بقتل الكثير جدا من أسلافهم، وأنجب الكثير جدا من الأطفال، تلك الصفات التى هى فى الحقيقة ماسينتخبه الصراع للبقاء، إذا كان يستطيع أن ينتخب أى شيء؟»

ولا تجعل المزاعم العرقية لتفوق البيض تصرف ذهنك بعيدا. فقد كانت فى زمن جنكن وداروين مما لايشك فيه، تماما مثلما لا يشك اليوم فى المزاعم المتعصبه لجنسنا عن «حقوق الإنسان» وكرامة «الانسان» وقدسية حياة «الانسان». ويمكننا إعادة صياغة محاجة جنكن فى تمثيل هو أكثر حيادا. فلو مزجت معا طلاءا أبيض وطلاءا أسود، فإن ماتحصل عليه هو طلاء رمادى. ولو مزجت طلاءا رمادى، فلن تتمكن من إعادة تكوين الطلاء الأصلى لا الأبيض ولا الأسود. وخلط الألوان لايبتعد كثيرا عن رؤية الوراثة ماقبل مندل، وحتى الثقافة الشعبية الحالية كثيرا ماتعبر عن الوراثة بلغة من اختلاط «الدماء». ومحاجة جنكن هى محاجة عن الغمر. فبمرور الأجيال، وتحت زعم الوراثة بالمزج، فإن التباين لابد وأنه سيغمر. وسيعم تجانس أعظم وأعظم. وفى النهاية لن يكون ثمة تباين يبقى ليعمل الانتخاب الطبيعى تأثيره فيه.

ومع ماتبدو عليه هذه المحاجة من معقولية، إلا أنها ليست فحسب محاجة ضد الانتخاب الطبيعى. إنها أكثر ما تكون محاجة ضد حقائق لامهرب منها بشأن الوراثة نفسها! فمن الواضح أنه ليس من «الحق» أن التباين يختفى بمرور الأجيال. والناس الآن «لا» يتشابه أحدهم بالآخر أكثر مما فى زمن أجدادهم. إن التباين يظل باقيا. وثمة مستودعPool للتباين ليعمل الانتخاب تأثيره فيه. وقد وضح و. وينبرج هذا الأمر رياضيا فى ١٩٠٨، كما وضحه على نحو مستقل الرياضى الغريب الأطوار ج.هـ. هاردى، والذى يتفق أنه كما سجل فى سجل المراهنات بكليته (وكليتى)، قد تراهن ذات مرة مع زميل «بنصف بنس مقابل ثروته حتى الممات، على أن الشمس ستشرق غدا». على أن الأمر تطلب أن

يقوم ر.أ.فيشر وزملاؤه، الذى أسسوا الوراثيات الحديثة للعشائر، بإنشاء الإجابة الكاملة على فلمنج جنكن بلغة نظرية مندل عن وراثيات «الجسيم». وكان فى هذا مايبعث على السخرية وقتها، والسبب، كما سوف نرى فى الفصل الحادى عشر، أن القادة من أتباع مندل فى أوائل القرن العشرين كانوا يظنون أنفسهم ضد المذهب الداروينى. وقد بين فيشر وزملاؤه أن الانتخاب الداروينى أمر معقول، ومشكلة جنكن يتم حلها ببراعة، عندما يكون مايتغير فى التطور هو «التواتر» Frequency النسبى للجسيمات المنفصلة للوراثة أو الجينات، التى إما أن يكون كل منها موجودا أو لايكون موجودا فى أى جسد فرد بذاته. والداروينية مابعد فيشر تسمى الداروينية الجديدة. وطبيعتها المرقومة ليست حقيقة عارضة يتفق أنها تصدق على تكنولوجيا المعلومات الوراثية. فالمرقومية لعلها هى الشرط المسبق الضرورى حتى تصبح الداروينية نفسها مما يصلح.

وفى تكنولوجيتنا الالكترونية تكون المواضع المرقومة المنفصلة فى حالتين لاغير، تمثلان تقليديا بصفر ، و (١)، وإن كان يمكنك أن تتصورهما كعالى ومنخفض، ويعمل ولا يعمل، وفوق وتحت: وكل مايهم هو أنه ينبغى أن يتميز أحدها عن الآخر، وأن يكون فى الإمكان «قراءة» أنماط أحوالها، بحيث يمكن أن يكون لها تأثير ما فى شئ ما. وتستخدم التكنولوجيا الالكترونية وسائط فيزيائية مختلفة لتخزين احداتها وأصفارها، ويشمل ذلك أقراص ممغنطة، وشرائط ممغنطة، وشرائط وبطاقات مثقبة، ورقائق متكاملة بداخلها الكثير من وحدات صغيرة شبه موصلة.

ووسيط التخزين الرئيسى داخل بذور الصفصاف والنمل وكل الخلايا الحية الأخرى ليس وسيطا الكترونيا وإنما هو كيماوى. وهو يستغل حقيقة أن أنواعا معينة من الجزيئات لها القدرة على «التبلمر» polymerizing، أى أن تتصل معا فى سلاسل طويلة لاحدود لطولها. وثمة أنواع كثيرة مختلفة من البوليمر. «فالبوليثين» مثلا يتألف من سلاسل طويلة من جزئ صغير يدعى الإيثيلين ـ الإيثيلين المبلمر. والنشا والسليولوز هى سكريات مبلمرة. وبعض البوليمرات، بدلا من أن تكون سلاسل متجانسة من جزئ صغير واحد كالإيثيلين، تكون سلاسل من نوعين مختلفين أو أكثر من الجزيئات الصغيرة. وما إن

يدخل عدم التجانس هكذا فى سلسلة البوليمر حتى تصبح تكنولوجيا المعلومات فى الإمكان نظريا. وإذا كان ثمة نوعان من الجزيئات الصغيرة فى السلسلة، فإنه يمكن تصور الاثنين على أنهما ١ وصفر بالتتالى، ويمكن فى التو تخزين أى قدر من أى نوع من المعلومات، بشرط واحد هو أن تكون السلسلة طويلة بما يكفى. والبوليمرات التى تستخدمها بالذات الخلايا الحية تسمى النيوكليوتيدات المتعددة Polynucleotides وهناك عائلتان رئيسيتان منها فى الخلايا الحية، تسميان بأختصار **د ن أ**، **و ر ن أ**. وكلتاهما سلاسل من جزيئات صغيرة تدعى النيوكليويتدات. وكل من **د ن أ**، **و ر ن أ**، يتكون من سلاسل غير متجانسة، بها أربعة أنواع مختلفة من النيوكليوتيدات. وهذا بالطبع هو موقع فرصة تخزين المعلومات. فبدلا من حالتى ١ وصفر فحسب، تستخدم تكنولوجيا معلومات الخلايا الحية أربعة حالات، يمكن تمثيلها تقليديا بحروف (*) Aأ، Tث، Cس، Gج. ومن حيث المبدأ فليس هناك غير فارق صغير جدا بين تكنولوجيا معلومات ثنائية من حالتين مثل تكنولوجيتنا، وتكنولوجيا من أربع حالات مثل تكنولوجيا الخلية الحية.

وكما ذكرت فى آخر الفصل الأول، فإن سعة اختزان المعلومات فى الخلية البشرية الواحدة تكفى لخزن ثلاثة أو أربعة أضعاف «الموسوعة البريطانية» بكل أجزائها الثلاثين. ولست أعرف الرقم المقابل لذلك فى بذرة الصفصاف أو فى النملة، ولكنه سيكون على نفس الدرجة من الإذهال. وسعة الاختزان فى **د ن أ** ببذرة واحدة من بذور السوسن أو فى حيوان منوى واحد للسمندل تكفى لخزن ستين ضعفا «للموسوعة البريطانية». وبعض أنواع مايسمى ظلما الأميبيا «البدائية» يكون فيما لديها من **د ن أ** معلومات تبلغ ألف «موسوعة بريطانية».

ومن المدهش أنه يبدو أن ١ فى المائة فحسب من المعلومات الوراثية فى الخلايا البشرية مثلا، هى مايستخدم فعلا: وهو بالتقريب مايساوى جزءا واحدا من «الموسوعة البريطانية». ولا أحد يعرف السبب فى وجود الـ ٩٩ فى المائة الأخرى هناك. وفى كتاب سابق

(*) حروف ترمز للمواد القاعدية الموجودة فى كل نوع من النيوكليوتيدات وهى أدنين (أ) وثيمين (ث)، وسيتوزين (س)، وجوانين (ج). (المترجم).

اقترحت أنها قد تكون كمية طفيلية تلقى عبأها على مجهودات الواحد فى المائة، وهى نظرية قد اتخذها مؤخرا علماء بيولوجيا الجزيئات تحت إسم «د ن أ الأنانى». وخلية البكتريا لها سعة معلومات أصغر من الخلية البشرية، بعامل يقرب من واحد من الألف، ويحتمل أنها تستخدمها كلها تقريبا: فليس من متسع للطفيليات. ومافيها من د ن أ يستطيع الاحتفاظ بنسخة واحدة «فقط» من العهد الجديد!

ومهندسو الوراثة الحديثون لديهم بالفعل التكنولوجيا لكتابة العهد الجديد أو أى شئ آخر فى د ن أ بخلية البكتريا. و «المعنى» الذى يكون للرموز فى أى تكنولوجيا معلومات هو شئ تعسفى، وما من سبب لأنه ينبغى ألا نجعل عددا من التوليفات، فى ثلاثيات مثلا، من الحرف الأبجدية الأربعة لـ د ن أ، مخصصة لحروف من أبجديتنا ذات الستة والعشرين حرفا (وسيكون هناك متسع لكل حروف الصفوف العليا والسفلى لآلة كاتبة مع علامات الترقيم الاثنتى عشرة). ولسوء الحظ، فإن كتابة العهد الجديد فى خلية بكتريا سيستغرق مايقرب من خمسة قرون انسانية، ولهذا فإنى أشك أن أى فرد سيهتم بهذا. ولو حدث ذلك، فإن سرعة تكاثر البكتريا هى بحيث يمكن طباعة ١٠ مليون نسخة من العهد الجديد فى يوم واحد، وهذا مايحلم به أى رجل تبشير لو أن الناس فقط يستطيعون قراءة جروف أبجدية د ن أ، ولكن وياالأسف، فإن الحروف هنا صغيرة جدا حتى أن كل الملايين العشرة من نسخ العهد الجديد تستطيع أن ترقص فى نفس الوقت معا على سطح رأس دبوس.

وذاكرة الكمبيوتر الالكترونى تصنف تقليديا إلى روم Rom ورام Ram .وروم ترمز إلى ذاكرة «للقراءة فقط». وعلى نحو أدق فهى ذاكرة «للكتابة مرة واحدة، وللقراءة مرات كثيرة». ونمط أرقام الصفر والواحد «يستهلك» فيها، لأول وآخر مرة، بمجرد انتاجه. وهو يظل بعدها بلا تغيير طيلة حياة الذاكرة، بينما يمكن تكرار استخراج قراءة المعلومات لأى عدد من المرات. والذاكرة الالكترونية الأخرى التى تسمى رام، يمكن «الكتابة فيها» بمثل مايمكن القراءة منها (سرعان مايتعود المرء على هذه الرطانة غير المهذبة للغة الكمبيوتر). فرام إذن تستطيع أن تقوم بكل ماتستطيعه روم، وأكثر منه. وماترمز له فعلا

حروف رام يساء فهمه ولذا فإنى لن أذكره. والنقطة الهامة بشأن رام هى أنك تستطيع أن تضع أى نمط من أرقام الصفر والواحد فى أى جزء تشاءه منها، ولأى عدد من المرات تشاءه. ومعظم ذاكرات الكمبيوتر من نوع رام. وأنا إذ أطبع هذه الكلمات فإنها تذهب مباشرة إلى رام، وبرنامج تنسيق الكلمات الذى يتحكم فى الأشياء هو أيضا من نوع رام، وإن كان من الممكن من الوجهة النظرية استهلاكه فى روم ثم لايتبدل بعدها قط. وروم تستخدم كذخيرة Reperetoire ثابتة للبرامج القياسية، التى يحتاج لها المرة بعد الأخرى، والتى لايمكنك تغييرها حتى لو أردت ذلك.

و **د ن أ** هو من نوع روم. ومن الممكن قراءته مايزيد عن ملايين المرات، ولكنه لا يكتب إلا لمرة واحـدة ـ عندما يتم تجميعه أول الأمـر عند ميلاد الخلية التى يقبع فيها. و **د ن أ** فى خلايا أى فرد قد تم «استهلاكه»، ولايتبدل قط خلال حياة ذلك الفرد، فيما عدا ما يحدث نادرا جدا بواسطة تلف عشوائى. على أنه يمكن إعادة نسخه. وهى ينسخ متضاعفا كلما انقسمت الخلية. وأنماط نيوكليوتيدات أ، وث، وس، وج تنسخ بأمانة فى **د ن أ** بكل من ترليونات الخلايا الجديدة التى تصنع أثناء نمو الطفل. وعندما يحبل بفرد جديد، يتم «استهلاك» نمط جديد منفرد من المعلومات فيما يخصه من روم الـ **د ن أ**، ويثبت فيه هذا النمط بقية عمره. ويتم نسخه فى كل خلاياه (فيما عدا الخلايا التكاثرية، حيث ينسخ فيها نصف عشوائى مما لديه من **د ن أ**، كما سوف نرى).

وكل ذاكرة للكمبيوتر سواء روم أو رام تكون «معنونة». بمعنى أن كل موضع فى الذاكرة له لافتة، هى عادة أحد الأعداد وإن كان هذا تقليد تعسفى. ومن المهم فهم الفارق بين «عنوان» و «محتوى» الموضع فى الذاكرة. إن كل موضع يعرف بعنوانه. وكمثل فإن أول حرفين فى هذا الفصل IT هما فى هذه اللحظة يقبعان بالكمبيوتر الخاص بى فى موضعين من رام هما ٦٤٤٦، و ٦٤٤٧، والجهاز فيه إجمالا ٦٥٥٣٦ موضع من رام. وفى وقت آخر، سيكون محتوى هذين الموضعين مختلفا. فمحتوى، موضع ما، هو أحدث مايكتب فى هذا الموضع أيا ما كان. وكل موضع فى روم له أيضا عنوان ومحتوى. والفارق هو أن كل موضع قد ثبتت فيه محتوياته نهائيا لأول وآخر مرة.

و **د ن أ** ينتظم بطول كروموزومات خيطية، تشبه شرائط طويلة للكمبيوتر. وكل حامض **د ن أ** فى كل واحدة من خلايانا معنون بنفس معنى عنونة ذاكرة روم فى الكمبيوتر، أو بالأحرى عنونة شريط الكمبيوتر. والأعداد أو الأسماء المضبوطة التى نستخدمها لوضع لافتة لعنوان بعينه هى اعتباطية، تماما مثلما تكون لذاكرة الكمبيوتر. فما يهم هو أن هذا الموضع المعين فيما عندى من **د ن أ** يقابل على نحو دقيق موضعا واحدا معينا فيما عندك من **د ن أ**: إن لديهما نفس العنوان. ومحتويات المواضع ٣٢١٧٦٢ فى **د ن أ** ، عندى قد تكون أو لاتكون مماثلة لمحتويات الموضع ٣٢١٧٦٢ عندك. ولكن الموضع ٣٢١٧٦٢ عندى هو بالضبط فى نفس المـوقع فى خلاياى مثل الموضـع ٣٢١٧٦٢ فى خـلاياك. و«الموقع» هنا يعنى موقعا على طول كروموزوم معين، والموقع الفيزيائى المضبوط للكروموزوم فى الخلية أمر لايهم. والحقيقة أنه يدور سابحا فى سائل بحيث يتغير موقعه الفيزيائى، ولكن كل موضع على طول الكروموزوم معنون بدقة بلغة من ترتيبه فى الصف على طول الكروموزوم، تماما مثلما يعنون بالضبط كل موضع على طول شريط الكمبيوتر، حتى لو نشر الشريط فيما حوله على الأرضية بدلا من أن يلف فى نظام. وكلنا، كل الكائنات البشرية، لدينا نفس المجموعة من «عناوين» **د ن أ**، ولكن ليس لدينا بالضرورة نفس «محتويات» تلك العناوين. وهذا هو السبب الرئيسى فى أننا كلنا يختلف أحدنا عن الآخر.

والأنواع الأخرى ليس لديها نفس مجموعة «العناوين» مثلنا. فأفراد الشمبانزى مثلا، لديها ٤٨ كروموزوما بالمقارنة بما لدينا من ٤٦. وعلى وجه التحديد، فإنه لايمكن مقارنة المحتويات، عنوانا بعنوان، لأن العناوين لايقابل أحدها الآخر عبر حواجز النوع. على أن الأنواع التى على صلة قرابة وثيقة، مثل الشمبانزى والبشر، يكون فيها قدر وافر من الاشتراك فى المحتويات المتجاورة، بحيث يمكننا بسهولة تمييزها على أنها متماثلة أساسا، حتى وإن كنا لانستطع تماما استخدام نفس نظام العنونة للنوعين. إن مايحدد أحد الأنواع هو أن كل أفراده لديهم نفس نظام العنونة لما عندهم من **د ن أ**. وإذا أضفنا أو حذفنا بعض استثناءات قليلة تافهة، فإن كل الأفراد لديهم نفس العدد من الكروموزومات، وكل موضع على أحد الكروموزومات له بالضبط العدد المقابل فى نفس الموقع على الكروموزوم

المقابل فى كل الأفراد الآخرين للنوع. أما ما يمكن أن يختلف بين أفراد النوع فهو محتويات تلك المواضع.

واختلاف المحتويات فى الأفراد المختلفة يأتى بالأسلوب التالى، وينبغى هنا أن أؤكد على أنى أتحدث عن الأنواع التى تتكاثر جنسيا مثل نوعنا. إن حيواناتنا المنوية أو بويضاتنا يحوى كل منها ٢٣ كروموزوما. وكل موضع معنون فى أحد حيواناتى المنوية يقابل موضعا معنونا بعينه فى كل حيوان آخر من حيواناتى المنوية، وفى كل بويضة من بويضاتك (أو حيواناتك المنوية). وكل خلاياى الأخرى تحوى ٤٦ كروموزوما ــ كمجموعة مزدوجة. وتستخدم نفس العناوين مرتين فى كل من هذه الخلايا. فتحوى كل خلية كروموزومان من رقم ٩. ونسختان من الموضع ٧٢٣٠ على الكروموزوم ٩. ومحتويات الاثنين قد تكون أو لاتكون متماثلة، تماما مثلما تكون أو لاتكون متماثلة عند أفراد النوع الآخرين. وعندما يتم صنع حيوان منوى بكروموزوماته الثلاثة والعشرين، من خلية جسدية لها ٤٦ كروموزوما، فإنه يحصل فقط على نسخة واحدة من النسختين اللتين فى كل من الموضعين المعنونين. أما أى نسخة سيحصل عليها من الاثنتين فهذا مما يعد أمرا عشوائيا. وينطبق الشئ نفسه على البويضات. والنتيجة أن كل حيوان منوى يتم إنتاجه وكل بويضة يتم إنتاجها هى شئ متفرد بلغة «محتويات» مواضعها، رغم أن نظام عنونتها يتطابق فى كل أفراد النوع الواحد (مع استثناءات تافهة لايجب أن تشغلنا). وعندما يخصب الحيوان المنوى بويضة فمن الطبيعى أن سيتكون نسخة متممة كاملة من ٤٦ كروموزوما، ثم تضاعف كل الكروموزومات الستة والأربعين فى كل خلايا الجنين النامى.

وقد قلت أن روم لايمكن الكتابة فيها إلا مرة واحدة عند إنتاجها أول مرة، وأن هذا يصدق أيضا على د ن أ فى الخلايا، فيما عدا أخطاء عشوائية عارضة عند النسخ. ولكن من الممكن بمعنى ما أن يكون بنك المعلومات المجمعة الذى يتكون من ذاكرات روم للنوع بأسره هو الذى يكتب فيه كتابة بناءة. إن البقاء اللاعشوائى والنجاح التكاثرى للأفراد داخل النوع يقومان بفعالية «بكتابة» تعليمات محسنة للبقاء، تكتب فى الذاكرة الوراثية المجمعة للنوع على مر الأجيال. والتغير التطورى فى أحد الأنواع يتألف إلى حد كبير حسب التغيرات التى تحدث فى عدد من النسخ الموجودة لكل واحد من تلك

«المحتويات» المنوعة المحتملة عند كل موضع معنون لـ د ن أ، مما يحدث على مر الأجيال. وبالطبع، فإنه بالنسبة لوقت بعينه، ينبغى أن تكون كل نسخة موجودة فى الداخل من جسد فردى. ولكن الأمر الهام فى التطور هو التغير فى تُواتر المحتويات البديلة الممكنة عند كل عنوان فى «العشائر» Populations. ونظام العنونة يبقى كما هو، ولكن المنظور الاحصائى الجانبى (البروفيل) لمحتويات الموضع يتغير على مر القرون.

ونظام العنونة نفسه لايتغير إلا بعد فترة طويلة جدا. وأفراد الشمبانزى لديها ٢٤ زوجا من الكروموزومات ونحن لدينا ٢٣ زوجا. ونحن نشترك مع الشمبانزى بجد مشترك، وهكذا فإنه لابد وأنه عند نقطة ما فى سلفنا نحن أو سلف الشمبانزى قد حدث تغير فى عدد الكروموزومات. وإما أننا فقدنا كروموزوما (اندمج اثنان)، أو أن أفراد الشمبانزى قد اكتسبت واحدا (انقسام واحد). ولابد من أن ثمة فردا واحدا على الأقل كان عدد الكروموزومات عنده يختلف عن والديه. وثمة تغيرات أخرى عارضة فى كل النظام الوراثى. فكما سوف نرى، يحدث أحيانا أن تُنسخ أطوال بأسرها من الشفرة إلى كروموزومات مختلفة تماما، ونحن نعرف ذلك، لأننا نجد حول الكروموزومات خيوطا طويلة مبعثرة من نصوص من د ن أ، هى نصوص متطابقة.

وعندما تُقرأ المعلومات التى فى ذاكرة أحد الكمبيوترات عند موضع معين، فإن شيئا من اثنين قد يحدث لها. إما أنها يمكن ببساطة أن تكتب فى مكان أخر، أو أنها يمكن أن تشارك فى «فعل» ما. وكتابتها فى مكان آخر تعنى نسخها. وقد رأينا من قبل أن د ن أ يُنسخ بسهولة من أحد الخلايا إلى خلية جديدة، وأن مقادير وافرة من د ن أ يمكن نسخها من أحد الأفراد إلى فرد آخر، أى إبنه، أما «الفعل» فأمره أكثر تعقيدا. وأحد أنواع الفعل فى الكمبيوترات هو تنفيذ تعليمات البرنامج. وفى ذاكرة روم فى جهاز الكمبيوتر عندى، إذا أخذنا معا أرقام المواضع ٦٤٤٨٩، و ٦٤٤٩٠، و ٦٤٤٩١، فإنها تحوى نمطا معينا من المحتويات ـ أرقام من واحد وصفر ـ عندما تترجم كتعاليم ينتج عنها أن يخرج عن مكبر الصوت الصغير فى الكمبيوتر صفير متقطع. وهذا النمط من الصفير هو ١٠١٠١١٠١٠٠١١٠٠٠١١٠٠٠٠٠٠. وليس هناك صفيراً متأصلا أو ضجة متأصلة فى هذا النمط الصغير. وليس فيه ماينبئك أنه سيكون له هذا التأثير على مكبر

الصوت. وإنما يكون له هذا التأثير فحسب بسبب الطريقة التى يتم بها توصيل باقى الكمبيوتر. وبنفس الطريقة، فإن الأنماط فى شفرة **د ن أ** ذات الحروف الأربعة يكون لها تأثيراتها، كما مثلا على لون العين أو على السلوك، ولكن هذه التأثيرات ليست متأصلة فى أنماط معطيات **د ن أ** ذاتها. إن لها تأثيراتها فحسب كنتيجة للطريقة التى ينمو بها باقى الجنين، والتى بدورها تتأثر بتأثيرات الأنماط التى فى أجزاء أخرى من **د ن أ**. وهذا التفاعل بين الجينات سيكون موضوعا رئيسيا فى الفصل السابع.

وقبل أن تستطيع رموز شفرة **د ن أ** الإسهام فى أى نوع من الفعل فإنها ينبغى أن تترجم فى وسيط آخر، وهى أولا تترجم بما يقابلها بالضبط من رموز حامض **ر ن أ** RNA. و **ر ن أ** له أيضا أبجدية من أربعة حروف. ومن هنا تتم ترجمة الرموز فى نوع مختلف من المواد المبلمرة يدعى متعدد الببتيدات Poly peptide أو البروتين. وهو ما يمكن أن يسمى متعدد الأحماض الأمينية Poly-aminoadic ، لأن وحداته الأساسية هى الأحماض الأمينية. وهناك ٢٠ نوعا من الأحماض الأمينية فى الخلايا الحية. وكل البروتينات البيولوجية هى سلاسل مصنوعة من هذه الأحجار الأساسية العشرين للبناء. ورغم أن البروتين هو سلسلة من الأحماض الأمينية، إلا أن معظمها لايبقى كسلسلة خطية طويلة. فكل سلسلة تلتف فى عقدة معقدة، يتحدد شكلها بالضبط حسب ترتيب الأحماض الأمينية. وإذن، فشكل العقدة هذا لايتغير قط بالنسبة لأى تتابع بعينه من الأحماض الأمينية. وتتابع الأحماض الأمينية بدوره تحدده بالضبط الرموز الشفرية فى طول معين من **د ن أ** (عن طريق **ر ن أ** كوسيط). وإذن، فبأحد المعانى، يتحدد الشكل الملتف ذو الأبعاد الثلاثية للبروتين بواسطة التتابع ذى البعد الواحد لرموز الشفرة فى **د ن أ**.

وعملية الترجمة تجسد «الشفرة الوراثية» الشهيرة ذات الحروف الثلاثة. وهذا قاموس، حيث كل من ٦٤ (٤×٤×٤) «ثلاثية» ممكنه من رموز **د ن أ** (أو **ر ن أ**) تتم ترجمتها إلى واحد من الأحماض الأمينية العشرين أو إلى رمز «لعلامة وقف». وهناك ثلاثة من علامات الترقيم «بالوقف» هذه. والكثير من الأحماض الأمينية له شفرة من أكثر من ثلاثية واحدة (الامر الذى يمكن تخمينه من حقيقة أن هناك ٦٤ ثلاثية وليس هناك سوى عشرين حامض أمينى). وكل الترجمة، من روم **د ن أ** ذات التتابع الصارم إلى

شكل البروتين المحدد غير المتغير ذى الأبعاد الثلاثة، هى إنجاز فذ لتكنولوجيا المعلومات المرقومة. والخطوات التالية التى تؤثر بها الجينات فى الأجساد هى فى مشابهتها للكمبيوتر أقل وضوحا إلى حد ما.

إن كل خلية حية، حتى خلية البكتريا الواحدة، يمكن تصورها على أنها مصنع كيماوى ضخم. وأنماط **د ن أ**، أو الجينات، تمارس مفعولها بالتأثير فى سياق الأحداث فى المصنع الكيماوى، وهى تفعل ذلك بتأثيرها فى الشكل الثلاثى الأبعاد لجزيئات البروتين. وكلمة ضخم قد يبدو فيها مايدهش بالنسبة لخلية، خاصة إذا تذكرت أنه يمكن أن تقبع عشرة ملايين خلية بكتريا من فوق سطح رأس دبوس، ولكنك ستذكر أيضا أن كلا من هذه الخلايا له القدرة على الاحتفاظ بالنص الكامل للعهد الجديد، وهى فوق ذلك ضخمة «فعلا» عندما تقاس بعدد الماكينات المعقدة التى تحويها. وكل ماكينة هى جزئ بروتين كبير، تم تجميعه بتأثير طول معين من **د ن أ**. وجزيئات البروتينات المسماه بالإنزيمات هى ماكينات بمعنى أن كل واحد منها يسبب حدوث تفاعل كيماوى معين. وكل نوع من ماكينات البروتين يجرى فيه خض منتجه الكيماوى الخاص به هو نفسه. وهو كى يفعل ذلك يستخدم مواد خام مما تنجرف فيما حولها بالخلية، وهى فى أغلب ما يحتمل، منتجات لماكينات بروتينية أخرى. وحتى تأخذ فكرة عن حجم هذه الماكينات البروتينية، فإن كل واحدة منها قد صنعت من حوالى ٦٠٠٠ ذرة، وهذا قدر كبير جدا بالمقاييس الجزيئية، ويوجد مايقرب من مليون من هذه الأجهزة الكبيرة فى الخلية الواحدة، وثمة أكثر من ٢٠٠٠ نوع مختلف منها،كل نوع متخصص فى أداء عملية معينة فى المصنع الكيماوى ـ أى الخلية. وهذه المنتجات الكيماوية المتميزة لهذه الإنزيمات هى مايعطى الخلية شكلها وسلوكها الفرديين.

ولما كانت كل خلايا الجسد تحوى نفس الجينات، فإنه قد يبدو من المدهش أن خلايا الجسد كلها لاتماثل إحداها الأخرى. والسبب هو أنه فى أنواع الخلايا المختلفة «تُقرأ» مجموعة فرعية مختلفة من الجينات، بينما تُهمل الأخرى. ففى خلايا الكبد لا تُقرأ تلك الأجزاء من روم **د ن أ** التى تتعلق خاصة ببناء خلايا الكلى، والعكس بالعكس. ويعتمد شكل الخلية وسلوكها على أى الجينات داخل تلك الخلية هى التى تُقرأ وتترجم إلى منتجاتها البروتينية. وهذا بدوره يعتمد على الكمياويات الموجودة من قبل فى الخلية، الأمر

الذى يعتمد فى جزء منه على أى الجينات قد قرأت من قبل فى الخلية، ويعتمد فى الجزء الآخر على الخلايا المجاورة. وعندما تنقسم خلية إلى اثنتين، فإن الخليتين الإبنتين لاتكون كل منهما بالضرورة مماثلة للأخرى. ففى البويضة الأصلية المخصبة مثلا، تتجمع كيماويات معينة عند أحد أطراف الخلية، وكيماويات أخرى عند الطرف الآخر. وعندما تنقسم خلية مُستقطبة هكذا، فإن الخليتين الإبنتين تتلقيان مخصصات كيماوية مختلفة. وهذا يعنى أنه ستُقرأ جينات مختلفة فى الخليتين الإبنتين، ويتواصل نوع من تباين للصفات مدعوم ذاتيا. والشكل النهائى للجسد كله، وحجم أطرافه، وتوصيلات مخه، وتوقيت أنماط سلوكه، هى كلها نتائج غير مباشرة للتفاعلات بين الأنواع المختلفة من الخلايا، التى تكون الإختلافات التى فيما بينها قد نشأت بدورها من طريق قراءة جينات مختلفة. وهذه العمليات التباينية يتم تصورها أحسن تصور بأنها ذات استقلال ذاتى محلى بأسلوب الطريقة «التكرارية» فى الفصل الثالث، بدلا من تصورها على أنها متآزرة فى نوع من تصميم مركزى كبير.

و«الفعل» بالمعنى المستخدم فى هذا الفصل، هو مايتحدث عنه عالم الوراثيات عندما يذكر ما للجين من «تأثير المظهر». فدن أ له تأثيرات فى الأجساد، وفى لون العين، وتجعد الشعر، وشدة السلوك العدوانى، والآلاف من الخصائص الأخرى، التى تسمى كلها تأثيرات المظهر، و **د ن أ** يُعمل تأثيراته هذه فى أول الأمر موضعيا، بعد أن تتم قراءته بواسطة رن أ وترجمته إلى سلاسل بروتين، تؤثر بعدها فى شكل الخلية وسلوكها. وهذه هى إحدى الطريقتين التى يمكن بها قراءة المعلومات التى فى نمط **د ن أ**. والطريقة الأخرى هى أنه يمكن مضاعفته إلى جديلة **د ن أ** جديدة. وهذا هو النسخ الذى ناقشناه فيما سبق.

وهناك فارق رئيسى بين هاتين الطريقتين لانتقال معلومات **د ن أ**، الانتقال الرأسى والأفقى. فالمعلومات ترسل رأسيا إلى حمض **د ن أ** آخر فى الخلايا (التى تصنع خلايا أخرى) التى تصنع الحيوانات المنوية أو البويضات. وهكذا فإنها تُنقل رأسيا إلى الجيل التالى مرة أخرى، إلى عدد غير محدد من أجيال المستقبل. وسوف أسمى هذا «**د ن أ**

المحفوظات». وهو خالد إمكانا. وتتالى الخلايا الذى ينتقل د ن أ المحفوظات عبره يسمى الخط الجرثومى germ line .والخط الجرثومى هو تلك المجموعة من الخلايا، داخل أحد الأجساد، التى تعمل كأسلاف للحيوانات المنوية والبويضات، وهكذا فهى أسلاف لأجيال المستقبل. و د ن أ يتم انتقاله أيضا «جانبيا» أو أفقيا: أى إلى د ن أ فى خلايا خط غير جرثومى مثل خلايا الكبد أو الجلد، ويتم انتقاله داخل هذه الخلايا إلى ر ن أ، ومن ثم إلى بروتين وتأثيرات مختلفة فى النمو الجنينى، فتأثيرات بالتالى فى شكل البالغ وسلوكه. ويمكن تصور الإنتقال الأفقى والإنتقال الرأسى على أنها تقابل البرنامجين الفرعيين اللذين أسميا النمو والتكاثر فى الفصل الثالث.

والانتخاب الطبيعى كله يدور حول مدى التمايز فى نجاح حامض د ن أ المتنافس للوصول إلى نقل نفسه رأسيا فى محفوظات النوع. و «د ن أ المتنافس» يعنى المحتويات البديلة لعناوين معينة فى كروموزومات النوع. فبعض الجينات تكون أنجح من الجينات المنافسة فى البقاء فى المحفوظات. ورغم أن الانتقال «الرأسى» خلال محفوظات النوع هو فى النهاية مايعنيه «النجاح»، إلا أن معيار النجاح هو طبيعيا مايكون للجينات من «فعل» على الأجساد، بواسطة إنتقالها «الجانبى». وهذا أيضا، يشبه بالضبط بيومورف نموذج الكمبيوتر. ولنفرض كمثل أنه يوجد فى النمور جين معين يؤثر بواسطة مفعوله الجانبى فى خلايا الفك، مسببا أن تصبح الأسنان أحدّ شيئا قليلا عن الأسنان التى قد تنمو تحت مفعول جين منافس. والنمر الذى تكون أسنانه أكثر حدة يستطيع قتل الفريسة بكفاءة أكثر من النمر الطبيعى، وهكذا سيكون لديه سلالة أكثر، وبالتالى فإنه يمرر، رأسيا، عددا أكثر لنسخ الجين الذى يصنع أسنانا أحدّ. وهو طبعا، يمرر فى نفس الوقت كل جيناته الأخرى، ولكن جين «الأسنان الحادة» الخاص هو وحده الذى سوف يجد نفسه، «فى المتوسط» فى أجساد النمور حادة الأسنان. فالجين نفسه يستفيد، بلغة الإنتقال الرأسى، مما له من متوسط التأثيرات على سلسلة كاملة من الأجساد.

وأداء د ن أ كوسيط للمحفوظات لهو أداء مذهل. فهو فى قدرته على حفظ إحدى الرسائل يفوق بمراحل نقش الأقراص الحجرية. إن البقر ونباتات البازلاء (بل وكل سائرنا)

لها مايكاد يكون جينا متماثلا يسمى جين هستون هـ ٤ histone H4. ونصه فى د ن أ يصل فى طوله إلى ٣٠٦ حرفا. ولا نستطيع القول بأنه يشغل نفس العناوين فى كل الأنواع، لأننا لايمكننا أن نقارن على نحو مفهوم لافتات العناوين عبر الأنواع. إلا أن مايمكننا قوله هو أن ثمة طولا يبلغ ٣٠٦ حرفا فى البقر، يكاد يكون مماثلا بالفعل لطول من ٣٠٦ حرفا فى البازلاء. والبقر والبازلاء يختلف أحدهما عن الآخر فى حرفين فقط من تلك الحروف الست والثلاثمائة. ونحن لانعرف بالضبط منذ كم من الزمن كان يعيش الجد المشترك للبقر والبازلاء، ولكن دليل الحفريات يبين أنه كان يعيش فى وقت ما منذ مدة مابين ألف وألفى مليون من السنين. ولنقل أنها منذ مدة ١,٥ بليون سنة. وخلال هذه المدة التى لا يمكن تصور طولها (بالنسبة للبشر) فإن كلا من السلالتين اللتين تفرعتا من هذا الجد البعيد قد احتفظا بـ ٣٠٥ حرف من الحروف الست والثلاثمائة (وذلك فى المتوسط: فمن الممكن أن أحد الخطين قد احتفظ بكل الحروف الست والثلاثمائة والآخر قد احتفظ بأربعة وثلاثمائة حرف). هذا والحروف المحفورة على شواهد القبور تصبح غير مقروءة بعد مجرد مئات من السنين.

وبطريقة ما فإن الإبقاء على وثيقة د ن أ هستون هـ ٤ ليحدث حتى إنطباعا أقوى، لأنه بخلاف أقراص الحجر، ليست البنية الفيزيائية التى تَبقى وتُبقى على النص هى نفسها. فالنص يتكرر نسخه ونسخه ثانية على مر الأجيال مثل النصوص العبرية التى كانت تُنسخ طقسيا بواسطة النساخ كل ثمانين عاما لتحاشى بليها. ومن الصعب أن نقدر بالضبط عدد مرات إعادة نسخ وثيقة هستون هـ ٤ فى السلالة التى أدت إلى البقر إبتداء من جدها المشترك مع البازلاء، على أن من المحتمل أن قدر ذلك هو عشرين بليون مرة. ومن الصعب أيضا العثور على مقياس يمكن بواسطته مقارنة عملية الاحتفاظ بما يزيد عن ٩٩ فى المائة من المعلومات فى ٢٠ بليون نسخة متتالية. ويمكننا إستخدام صورة من لعبة تمرير الهمسات بين الجدات تصور ٢٠ بليون طابع على آلة كاتبة يجلسون فى صف واحد. إن صف الطابعين سيصل بالضبط إلى الدوران حول الأرض خمسمائة مرة. ويكتب الطابع الأول صفحة من الوثيقة ويناولها لجاره. وينسخها هذا ويناولها لجاره التالى. وهذا ينسخها ثانية ويناولها للتالى وهلم جرا. وأخيرا تصل الرسالة إلى نهاية الصف، ونقرؤها

نحن (أو الأحرى أن حفيد حفيدنا الأثنى عشر ألف سيفعل ذلك ، لو فرضنا أن الطابعين كلهم لديهم السرعة النمطية للسكرتير الجيد). كم ستكون أمانة نقل الرسالة الأصلية هكذا؟

للإجابة عن هذا علينا أن نفرض فرضا ما بشأن دقة الطابعين. هيا نلوى السؤال للناحية الأخرى. مامـدى الجودة التى ينبغى أن يكون عليها كل طابع، حتى يضاهى أداء د ن أ؟ إن الإجابة تكاد تكون أغرب من أن يعبرّ عنها. وكما يجدر هنا، فإن على كل طابع أن يكون له معدل خطأ يقرب مما لايزيد عن واحد فى الترليون، أى أن عليه أن يكون على قدر من الدقة بحيث لايقع إلا فى خطأ واحد وهو يكتب دفعة واحدة الإنجيل لمائتى وخمسين ألف مرة. والسكرتير الجيد فى الحياة الواقعية له معدل خطأ يقرب من خطأ واحد فى كل صفحة. وهذا يقرب من نصف بليون ضعف معدل الخطأ فى جين هستون هـ ٤. وصف السكرتيرين فى الحياة الواقعية سوف يتلف هكذا من النص ليبقى ٩٩ فى المائة من حروفه الأصلية عند العضو العشرين من صف البلايين العشرين. وبالوصول إلى العضو الـ ١٠,٠٠٠ من الصف، لن يبقى من النص الأصلى إلا أقل من واحد فى المائة. وهذه النقطة التى تكاد تصل إلى إتلاف النص بالكامل يتم الوصول إليها حتى قبل أن يرى النص ٩٩,٩٩٩٥ فى المائة من الطابعين.

وهذه المقارنة بأسرها فيها شئ من الخداع، ولكن ذلك من جانب شيق كاشف. لقد أعطيت الانطباع بأن مانقيسه هو أخطاء النسخ. ولكن وثيقة الهستون هـ ٤ لم يتم فحسب نسخها، وإنما هى قد تعرضت للانتخاب الطبيعى. والهستون مهم للبقاء أهمية حيوية. فهو يستخدم فى الهندسة الانشائية للكروموزومات. وربما قد حدثت أخطاء أكثر كثيرا فى «نسخ» الهستون هـ ٤، ولكن الكائنات العضوية الطافرة لم تبق حية، أو هى على الأقل لم تتكاثر. وحتى نجعل المقارنة منصفة، ينبغى أن نفترض أن ثمة بندقية قد بنيت من داخل كرسى كل طابع، وهى موصلة بحيث أنه لو وقع الطابع فى خطأ فإنها تطلق عليه النار دون هوادة، ليأخذ مكانه طابع احتياطى (وربما يفضل الحساسون من القراء تخيل كرسى له زنبرك قاذف ينطلق بنعومة بالكتبة الأوغاد إلى خارج الصف، على أن البندقية تعطى صورة أكثر واقعية للانتخاب الطبيعى).

وهكذا، فإن هذه الطريقة لقياس اتباع مبدأ المحافظة عند د ن أ، بأن ننظر إلى عدد التغيرات التى حدثت بالفعل خلال الزمن الجيولوجى، لهى طريقة تتألف من تركيبة من الأمانة الأصلية فى النسخ هى والتأثيرات الفرزية التى للإنتخاب الطبيعى. فنحن لانرى إلا سلالة التغيرات الناجحة من د ن أ. ومن الواضح أن التغيرات التى أدت إلى الموت غير موجودة معنا. هل يمكننا أن نقيس الأمانة الفعلية للنسخ فوق الأرض، قبل أن يبدأ الانتخاب الطبيعى مفعوله فى كل جيل جديد من الجينات؟ نعم، فهذا هو معكوس مايعرف بمعدل الطفر، وقياسه ممكن. واحتمال أن يحدث أن حرفا معينا يُخطأ نسخه فى أى مناسبة نسخ واحدة يثبت فى النهاية أنه أكثر قليلا من الواحد فى البليون. والفرق بين هذا، أى معدل الطفر، وبين المعدل الأقل الذى تم به إدخال التغير فى جين الهستون أثناء التطور هو مقياس لفعالية الانتخاب الطبيعى فى المحافظة على هذه الوثيقة القديمة.

واتباع جين الهستون لمبدأ المحافظة عبر الدهور لهو أمر استثنائى بالمعايير الوارثية. فالجينات الأخرى تتغير بمعدل أعلى، لأن الانتخاب الطبيعى فيما يفترض، يكون أكثر تسامحا بالنسبة لما فيها من التباينات، وكمثل فإن الجينات التى فيها شفرة البروتينات المعروفة بالببتيدات الفبرينية Fibrino peptides تتغير فى التطور بمعدل يقترب اقترابا وثيقا من المعدل الأساسى للطفر. ولعل هذه يعنى أن الأخطاء فى تفاصيل هذه البروتينات (التى يتم إنتاجها أثناء عملية تجلط الدم) لاتهم كثيرا بالنسبة للكائن الحى. وجينات الهيموجلوبين لها معدل للتغير هو وسط بين الهستونات والببتيدات الفبرينية. وفيما يفترض فإن تحمل الانتخاب الطبيعى لأخطائها هو تحمل وسط. والهيموجلوبين يقوم بمهمة لها أهميتها فى الدم، وتفصيلاته هى مما يهم حقا، على أن ثمة بدائل عديدة من تبايناته يبدو أن لها القدرة على القيام بالمهمة بدرجة متساوية من الجودة.

ولدينا هنا شئ يبدو أن فيه قليلا من المفارقة، حتى نفكر فيه المزيد من التفكير. إن أبطأ الجزيئات تطورا، مثل الهستونات، يثبت فى النهاية أنها تلك التى تعرضت أكثر للانتخاب الطبيعى. والببتيدات الفبرينية هى أسرع الجزيئات تطورا لأن الانتخاب الطبيعى يكاد يتجاهلها بالكلية. فهى حرة فى أن تتطور حسب معدل الطفر. والسبب فى أن هذا يبدو

فيه مفارقة هو أننا نشدد تشديدا كثيرا على الانتخاب الطبيعي بصفة أنه القوة الدافعة للتطور. فلو لم يكن هناك انتخاب طبيعي، إذن لأمكننا أن نتوقع أن لن يكون ثمة تطور. وعلى العكس، فإن « ضغط الانتخاب» القوى، وليُغفر لنا تفكيرنا هذا، هو مما يمكننا توقع أنه سيؤدى إلى تطور سريع. وبدلا من ذلك، فإن مانجده هو أن الانتخاب الطبيعي يمارس تأثيرا كابحا للتطور. فمعدل خط الأساس للتطور، فى غياب الانتخاب الطبيعي، هو أقصى معدل ممكن. وهذا مرادف لمعدل الطفر.

وليس فى هذا الأمر حقا أى مفارقة. ولو فكرنا فيه بعناية، سنرى أنه لايمكن أن يكون على غير ذلك. إن التطور بالانتخاب الطبيعي لايمكن أن يكون أسرع من معدل الطفر، لأن الطفر هو فى النهاية، الطريقة الوحيدة التى يدخل بها تباين جديد إلى النوع. وكل مايستطيع الانتخاب الطبيعي أن يقوم به هو أن يتقبل تباينات معينة جديدة، ويرفض غيرها. ومعدل الطفر هو ولابد الذى يضع الحد الأعلى للمعدل الذى يمكن أن يجرى به التطور. والحقيقة أن الانتخاب الطبيعي مشغول فى أغلبه بمنع التغير التطورى بدلا من أن يدفعه. وأبادر هنا للتأكيد على أن هذا لا يعنى أن الانتخاب الطبيعي هو عملية تدميرية محض. إنه يستطيع البناء أيضا، بطرق سيشرحها الفصل السابع.

بل إن معدل الطفر لهو معدل بطئ نوعا. وهذه طريقة أخرى للقول بأنه حتى من دون الانتخاب الطبيعي، فإن أداء شفرة **د ن أ** للاحتفاظ بدقة بمحفوظاتها لهو أداء يحدث إنطباعا قويا جدا. ومع التحفظ فى التقدير، فإن **د ن أ** فى غياب الانتخاب الطبيعي، يتكرر نسخة بانضباط بحيث أن الأمر قد يستلزم التناسخ لخمسة ملايين جيل حتى يحدث خطأ فى نسخ ١ فى المائة من الحروف. وطابعونا المفترضون مازال **د ن أ** يتفوق عليهم تفوقا ميئوسا منه، حتى لو لم يكن ثمة انتخاب طبيعي. وحتى يمكنهم مضارعة **د ن أ** من دون الانتخاب الطبيعي، فإنه ينبغى على كل طابع منهم أن يكون قادرا عل طبع كل العهد الجديد بخطأ واحد لاغير. بمعنى أنه ينبغى على كل منهم أن يكون على درجة من الانضباط تصل إلى مايزيد ٤٥٠ مرة عن السكرتير النمطى فى الحياة الواقعية. ومن الواضح

أن هذا الرقم أقل كثيرا من رقم نصف البليون عند المقارنة به، وهو رقم المعامل الذى يكون به جين الهستون هـ ٤ «بعد الإنتخاب الطبيعى» أكثر انضباطا عن السكرتير النمطى، على أن الرقم على قلته مازال رقما يحدث انطباعا قويا جدا.

إلا أننى لا أنصف الطابعين. لقد فرضت بالفعل أنهم غير قادرين على ملاحظة أخطائهم وتصحيحها. وقد افترضت الغياب الكامل للقراءة التصحيحية. والواقع أنهم طبعا يقومون فعلا بقراءة تصحيحية. وصَفّى هذا المكون من بلايين الطابعين لن يسبب إذن تلف الرسالة الأصلية على ذلك الأسلوب جد البسيط الذى صورته. وميكانزم نسخ **د ن أ** يقوم بنفس النوع من تصحيح الخطأ أوتوماتيكيا. ولو لم يفعل، لما أنجز أى شئ على شاكلة الضبط المذهل الذى وصفته. وطريقة نسخ دن أ تتضمن تطبيقات مختلفة «للقراءة التصحيحية». وهذا ضرورى بالأكثر، لأن حروف شفرة **د ن أ** ليست على الإطلاق ستاتيكية، مثل الهيروغليفية المنحوته فى الجرانيت. وعلى العكس، فإن الجزيئات المساهمة صغيرة جدا ـ ولتذكر كل تلك النسخ من العهد الجديد التى تجد مكانا على رأس دبوس ـ بحيث أنها تكون تحت هجوم متواصل من التصادم العادى للجزيئات الذى يظل مستمرا بسبب الحرارة. وثمة تدفق مستمر، استقلاب turn over للحروف فى الرسالة. وفى كل يوم يتلف فى كل خلية بشرية مايقرب من خمسة آلاف من حروف **د ن أ**، ويتم استبدالها فى التو بواسطة ميكانزمات الإصلاح. ولو لم تكن ميكانزمات الإصلاح هناك وتعمل بلا توقف، لتحللت الرسالة على نحو مطرد. والقراءة التصحيحية للنص المنسوخ حديثا هى وحسب حالة خاصة من أعمال الإصلاح الطبيعية. والقراءة التصحيحية هى أساسا المسئولة عما هو ملحوظ من دقة دن أ وأمانته فى اختزان المعلومات.

وقد رأينا أن جزيئات **د ن أ** هى المركز لتكنولوجيا المعلومات المذهلة. وهى قادرة على تعبئة قدر هائل من المعلومات المرقومة المضبوطة فى حيز صغير جدا، وهى قادرة على المحافظة على هذه المعلومات ـ بقدر من أخطاء قليلة إلى حد الإذهال، إلا أنه مازال ثمة بعض أخطاء ـ لزمن طويل جدا، يقاس بملايين السنين. إلى أى شئ تقودنا هذه الحقائق؟ انها تقودنا فى اتجاه حقيقة محورية عن الحياة على «الأرض»، الحقيقة التى أشرت إليها فى فقرتى الاستهلالية عن بذور الصفصاف. وهذه الحقيقة هى أن الكائنات

الحية توجد لفائدة دن أ بأولى من أن يكون الأمر على العكس. ولعل هذا أمر ليس واضحا بعد، ولكنى آمل أن سأقنعك به. إن الرسائل التى تحويها جزيئات **د ن أ** تكاد تكون خالدة عند النظر إليها بالمقارنة بالمقياس الزمنى لحيوات الأفراد. فحيوات رسائل **د ن أ** (بحذف أو إضافة طفرات معدودة) تقاس بوحدات تتراوح من ملايين السنين إلى مئات الملايين، أو بكلمات أخرى تتراوح إبتداءا مما يبلغ ١٠,٠٠٠ مرة زمن حيوات الأفراد حتى الترليون مرة. وينبغى النظر إلى كل كائن عضوى فرد كوسيلة نقل مؤقتة، تقضى فيها رسـالات **د ن أ** جزءا ضئيلا من أزمنة حيواتها الجيولوجية.

إن العالم مليء بأشياء موجودة ...! ولا نقاش فى ذلك، ولكن هل يقودنا هذا إلى أى مكان؟ إن الأشياء توجد إما لأنها أتت إلى الوجود حديثا أو لأنها لها صفات جعلتها غير عرضة للفناء فيما مضى. والصخور لاتأتى للوجود بمعدل عالى، ولكنها توّ أن توجد تكون صلبة باقية. ولو لم تكن كذلك لما أصبحت صخورا، وإنما تصبح رمالا. والحقيقة أن بعضها كذلك، وهذا هو السبب فى أن لدينا شواطىء! إن ما يتفق أن يكون منها متينا هو ما يوجد كصخر. وقطرات الندى، من الجانب الآخر، توجد، لا لأنها لا يبقى، ولكن لأنها قد أتت إلى الوجود فى التو فحسب ولم يمر عليها بعد الوقت الكافى للتبخر. ويبدو أن لدينا نوعين من «جدارة الوجود»: نوع قطرة الندى، التى يمكن تلخيصها على أنها «مما يحتمل أن يأتى للوجود ولكنا ليست باقية طويلا»، ونوع الصخر، الذى يمكن تلخيصه على أنه «ليس مما يحتمل كثيرا أن يأتى للوجود، ولكنه مما يحتمل أن يبقى زمنا طويلا ما إن يوجد». فالصخور لديها القدرة على البقاء وقطرات الندى لديها «القدرةعلى التعاقب جيليا» generatability (حاولت أن أفكر فى كلمة أقل بشاعة ولكنى لم أستطع).

إن **د ن أ** يحصل على أفضل ما فى العالمين. فجزيئات **د ن أ** نفسها، ككيانات فيزيائية، هى مثل قطرات الندى. فهى فى الظروف المناسبة تأتى إلى الوجود بمعدل هائل، ولكن أيا منها لايبقى طويلا، وكلها ستفنى خلال أشهر معدودة. إنها ليست باقية مثل الصخور. ولكن «الأنماط» التى تحملها فيما يتعاقب منها تماثل فى قدرتها على البقاء أصلب الصخور. فلديها مايتطلبه بقاؤها لملايين الأعوام، وهذا هو السبب فى أنها مازالت موجودة حتى الآن. والفارق الجوهرى عن قطرات الندى هو أن قطرات الندى الجديدة

ليست وليدة قطرات ندى قديمة. ولاشك أن قطرات الندى تشبه قطرات الندى الأخرى، ولكنها لاتشبه بخاصة قطرات ندى «والدة» لها نفسها. وهى بخلاف جزيئات د ن أ، لاتكوّن سلالات، ولذا فهى لاتستطيع أن تمرر رسالات، فقطرات الندى تأتى إلى الوجود بالتولّد التلقائى، بينما تأتى رسالات دن أ بتكرار النسخ.

والحقائق البديهية من نوع أن «العالم ملئ بأشياء فيها ما تتطلبه لأن تكون فى العالم» هى توافه، تكاد تكون سخيفة، إلاحينما نصل إلى تطبيقها على نوع خاص من القدرة على البقاء، القدرة على البقاء فى شكل سلالات من نسخ متعددة. ورسالات د ن أ لها نوع من قدرة البقاء يختلف عن تلك التى للصخور، ونوع من التعاقب جيليا يختلف عن ذلك الذى لقطرات الندى. فبالنسبة لجزئيات د ن أ، فإن «مايتطلبه وجودها فى العالم» يصل إلى أن يكون له من المعنى ما لا يكون البتة واضحا ولاحشوا. إن «ما يتطلبه وجودها فى العالم» يثبت فى النهاية أنه يشمل القدرة على بناء ماكينات هى مثلى ومثلك، أكثر الأشياء تعقيدا فيما يعرف من الكون. هيا نرى كيف يمكن أن يكون هذا هكذا.

السبب أساسا هو أن خصائص د ن أ التى حددناها يثبت فى النهاية أنها المقومات الرئيسية الضرورية لأى عملية من الانتخاب التراكمى. وفى نماذجنا بالكمبيوتر فى الفصل الثالث، بنينا عامدين فى الكمبيوتر المقومات الرئيسية للانتخاب التراكمى. وإذا كان للانتخاب التراكمى أن يحدث واقعيا فى العالم، فإنه ينبغى أن تنشأ بعض الكيانات التى تكوّن خصائصها تلك المقومات الأساسية. ولننظر الآن إلى ماتكونه هذه المقومات. وإذ نفعل ذلك، سنحتفظ فى ذهننا بحقيقة أن هذه المقومات ذات نفسها وهى على الأقل فى شكل بدائى ما، قد نشأت ولابد تلقائيا على الأرض القديمة، وإلا فإن الانتخاب التراكمى، وبالتالى الحياة، ما كان لأيهما قط أن يبدأ فى المقام الأول. ونحن نتحدث هنا ليس بالذات عن د ن أ، ولكن عن المقومات الأساسية اللازمة لأن تنشأ الحياة فى أى مكان فى الكون.

عندما كان النبى حزقيال فى وادى العظام ألقى نبوءة للعظام وجعلها تتصل معا. ثم ألقى نبوءة لها فجعل اللحم والأعصاب تلتف من حولها. ولكنها ظلت بلا أنفاس فيها.

فالمقوم الحيوى، مقوم الحياة، كان ينقصها. والكوكب الميت فيه ذرات، وجزيئات ؛ وكتل أكبر للمادة، ترتطم إحداها بالأخرى أو تحتضنها عشوائيا، حسب قوانين الفيزياء. وأحيانا تسبب قوانين الفيزياء أن تنضم الذرات والجزيئات معا مثل عظام حزقيال الجافة، وأحيانا تجعلها تنشطر منفصلة. ومن الممكن أن تتشكل التحامات كبيرة جدا من الذرات، ومن الممكن أن تتقوض ثانية وتتفتت منفصلة. ولكنها تظل بلا أنفاس فيها.

وقد استدعى حزقيال الرياح الأربع لتبث النفس الحى فى العظام الجافة. فما هو المقوم الحيوى الذى يجب أن يحوزه كوكب ميت مثل الأرض القديمة، إذا كان له أن ينال فرصته لأن يصبح فى النهاية حيا كما فعل كوكبنا؟ أنه ليس بالنفس، ولا الريح ولا أى نوع من الإكسير أو الجرعات، وهو ليس بمادة على الإطلاق، إنه «خاصية»، خاصية نسخ الذات، فهذا هو المقوم الأساسى للانتخاب التراكمى. وينبغى بطريقة ما أن تأتى إلى الوجود كيانات «ناسخة للذات»، أى هى كما سأسميها «الناسخات» وذلك كنتيجة مترتبة على قوانين الفيزياء العادية. وفى الحياة الحديثة يكاد هذا الدور أن يشغل كله بجزيئات د ن أ، على أن أى شئ تصنع منه نسخ سيكون وافيا بالغرض. ولعلنا نخال أن الناسخات الأولى فى الارض البدائية لم تكن جزيئات د ن أ، فمن غير المحتمل أن ينبثق للوجود جزئ لـ د ن أ كامل النمو دون عون من الجزيئات الأخرى التى توجد طبيعيا فى الخلايا الحية وحدها. ومن المحتمل أن الناسخات الأولى كانت أكثر فجاجة وبساطة من د ن أ.

وثمة مقومان أساسيان آخران، يبزغان طبيعيا بصورة أوتوماتيكية من المقوم الأول، أى من نسخ الذات نفسه. فيجب أن يكون ثمة أخطاء عارضة فى نسخ الذات، وحتى نظام د ن أ يرتكب أخطاءا فى أحيان جد عارضة، ويبدو أن من المحتمل أن الناسخات الأولى على الأرض كانت خطاءة إلى حد أكبر كثيرا. وعلى الأقل فإن بعضا من الناسخات ينبغى أن تمارس «السلطة» على مستقبلها الخاص بها. وهذا المقوم الأخير يبدو شريرا أكثر مما هو فى الواقع فكل ما يعنيه الأمر هو أن بعض خواص الناسخات ينبغى أن يكون لها نفوذ على مالها من احتمالات تناسخها. ومن المحتمل، على الأقل فى أحد الأشكال البدائية، يكون هذا نتيجة محتومة للحقائق الأساسية لنسخ الذات نفسه.

وإذن، فإن كل ناسخة يتم لها صنع نسخ لذاتها. وكل نسخة تماثل الأصل، ولها نفس خواص الأصل. ومن بين هذه الخواص، بالطبع، خاصية صنع «مزيد» من النسخ لذاتها (وأحيانا يكون ذلك مع بعض أخطاء). وهكذا فإن كل ناسخة هى بالإمكان «السلف» لخط لانهاية لطوله من الناسخات السلالة، يمتد إلى المستقبل البعيد، ويتفرع، لينتج إمكانا، عددا فائق الكبر من الناسخات السلالة. وكل نسخة جديدة يجب أن تصنع من مواد خام، وحدات بناء أصغر تتخبط من حولها. والناسخات فيما يفترض تعمل كنوع من القوالب أو الطابعات. والعناصر الأصغر تقع معا فى القالب بطريقة تؤدى إلى صنع نسخة ثانية للقالب. ثم تنفصل النسخة الثانية متحررة وتستطيع أن تعمل كقالب لصالح نفسها. وإذن فإن لدينا بالإمكان «عشيرة» متنامية من الناسخات، وهذه العشيرة لن تنمو إلى ما لانهاية، وسبب ذلك أن الإمداد بالمواد الخام، أو العناصر الأصغر التى تقع فى القالب، يصبح فى النهاية عامل تحديد.

والآن، فإننا ندخل مقومنا الثانى إلى محاجتنا. أحيانا لايكون النسخ متقنا، وتحدث أخطاء. واحتمال الأخطاء لايمكن حذفه قط بصورة كلية من أى عملية نسخ، وإن كان يمكن خفضه إلى مستويات منخفضة. وهذا هو مايناضل منتجو أجهزة الدقة العلية Hi Fi للوصول إليه طول الوقت، وعملية تناسخ د ن أ هى، كما رأينا، تتفوق على نحو مذهل فى الإقلال من الأخطاء. على أن التناسخ الحديث لـ د ن أ هو أمر من أمور التكنولوجيا الراقية، وله فى تصحيح القراءات تكنيكات بارعة قد تم إتقانها عبر أجيال كثيرة من الانتخاب التراكمى. وكما رأينا، فإن الناسخات الأولى ربما كانت عند المقارنة تعد نسبيا بدعا فجة قليلة الدقة.

لنعد الآن إلى عشيرتنا من الناسخات، ولنر ماذا سيكون تأثير النسخ الخطأ. من الواضح أنه بدلا من أن يكون هناك عشيرة متجانسة من ناسخات متماثلة، سيكون لدينا عشيرة مختلطة. ولعله سيحدث أن الكثير من منتجات النسخ الخطأ ستفقد خاصية نسخ الذات التى كانت «لوالدها». إلا أن القليل منها سيحتفظ بخاصية نسخ الذات، بينما هى مختلفة

عن الوالد فى بعض ناحية أخرى. وهكذا سنحصل على نسخ من أخطاء تتضاعف فى العشيرة.

وعندما تقرأ كلمة «خطأ»، أطرد من عقلك كل ما يرتبط بها من أوجه الإزدراء. فهى ببساطة تعنى خطأ من وجهة نظر النَّسخ بدقة عالية. من المحتمل أن الخطأ ينتج عنه تحسين. وأجدنى أجسر على القول أن أكثر من طبق رائع جديد قد تم خلقه بسبب أن أحد الطهاة، قد ارتكب خطأ أثناء محاولته إتباع إحدى الوصفات. وإذا كنت أستطيع أن أزعم أنه كان لى أى أفكار علمية أصيلة، فإنها كانت أحيانا نوعا من إساءة فهم أو إساءة التفسير لأفكار أناس آخرين. ولنعد إلى ناسخاتنا الأولية، فإذا كانت معظم النسخ الخطأ ينتج عنها فيما يحتمل إنقاص فعالية النسخ، أو الفقدان التام لخاصية نسخ الذات، فإن قلة منها قد يثبت فعلا فى النهاية أنها بالنسبة لنسخ الذات تكون «أفضل» من الناسخة الوالدة التى أنجبتها.

ماذا تعنى كلمة «أفضل»؟ إنها فى النهاية تعنى أكثر كفاءة فى نسخ الذات، ولكن ماذا قد يعنى هذا فى التطبيق؟ إن هذا يأتى بنا إلى «مقومنا» الثالث. لقد أشرت لهذا المقوم على أنه «السلطة»، وسوف ترى السبب فى لحظة. عندما ناقشنا التناسخ كعملية قولبة، رأينا أن الخطوة الأخيرة فى العملية لابد وأن تكون انطلاق النسخة الجديدة متحررة من القالب القديم. والوقت الذى يستغرقه ذلك قد يتأثر بخاصية سوف أدعوها «لزوجة» القالب القديم. هب أنه فى عشيرتنا من الناسخات، التى تتباين بسبب أخطاء نسخ قديمة ترجع وراءا إلى «أسلافها»، قد اتفق أن بعض المتباينات تكون أكثر لزوجة من غيرها. إن المتبانية اللزجه جدا ستستمسك بكل نسخة جديدة لزمن هو في المتوسط يزيد عن الساعة الواحدة وذلك قبل أن تنطلق النسخة الجديدة لتتحرر نهائيا وتستطيع العملية أن تبدأ من جديد. والمتباينة الأقل لزوجة ستطلق بكل نسخة جديدة خلال جزء من الثانية من تكوينها. من مِن هاتين المتباينتين سيصل إلى الهيمنة فى عشيرة الناسخات؟ إن الإجابة لاشك فيها. فإذا كانت هذه هى الخاصية الوحيدة التى تختلف فيها المتباينتان، فإن اللزجة منهما تكون

حتما أقل كثيرا فى عددها بالعشيرة. أما غير اللزجة فإنها تزيد مخرجة نسخا من أفراد غير لزجة بمعدل يزيد آلاف المرات عن المعدل الذى تصنع به نسخ لزجة من المتباينات اللزجة. والمتباينات ذات اللزوجة الوسطى سيكون لها معدلات وسط للتكاثر. وسيكون ثمة «اتجاه تطورى» نحو اللزوجة الأقل.

وقد أمكننا تكرار صنع مايشبه ذلك من انتخاب طبيعى بدائى فى أنبوبة الإختبار. فثمة فيروس يسمى Q-beta يعيش كطفيلى على بكتريا الأمعاء Escherichia coli: وفيروس Q - beta ليس له حمض د ن أ، ولكنه يحوى فعلا، بل هو يتكون إلى حد كبير، من جديلة مفردة من جزئ على صلة قرابة هو حمض ر ن أ، و ر ن أ له القدرة عل أن يتناسخ بطريقة مماثلة لـ د ن أ.

وفى الخلية الطبيعية، يتم تجميع جزيئات البروتينات حسب مواصفات خطط ر ن أ. وتكون هذه نسخا تنفيذية لخطط طبعت عن أصول من د ن أ ومحفوظة فى المحفوظات النفيسة للخلية. على أن من الممكن نظريا بناء ماكينة خاصة ـ جزئ بروتين مثل باقى الماكينات الخلوية ـ تطبع نسخ ر ن أ من نسخ أخرى لـ ر ن أ. وماكينة كهذه تسمى جزئ الإنزيم النساخ لـ ر ن أ. والخلية البكتيرية نفسها لا تستخدم فى الحالة الطبيعية آلات كهذه، ولا تبنى أيا منها. ولكن لما كان الإنزيم النساخ مجرد جزئ بروتين مثل أى جزئ بروتين آخر، فإن ما فى الخلية البكتيرية من ماكينات متعددة المهارات لبناء البروتينات تستطيع بسهولة أن تتحول إلى بنائه، تماما مثلما يحدث لماكينة أدوات فى مصنع سيارات حيث يمكن تحويلها سريعا فى زمن الحرب لانتاج الذخيرة: وكل ما تحتاجه هو تغذيتها بطبعة المخطط الزرقاء الصحيحة. وها هنا يأتى الفيروس.

إن القسم العامل فى الفيروس هو خطة من ر ن أ. وهى ظاهريا لايمكن تمييزها عن أى من المخططات الزرقاء التنفيذية من مخططات ر ن أ الأخرى التى تجوب فيما حولها فى خلية البكتريا، بعد أن تطبع عن أصل من أصول د ن أ التى فى خلية البكتريا. ولكنك لو قرأت حروف الطبع الصغيرة فى ر ن أ الفيروسى ستجد أن ثمة شيئا شيطانيا مكتوب هناك. إن الحروف تشى بخطة لصنع الأنزيم النسّاخ لـ ر ن أ:

لصنع آلات تصنع المزيد من نسخ من نفس خطط ر ن أ، التى تصنع المزيد من الآلات التى تصنع المزيد من الخطط، التى تصنع المزيد..

وهكذا، فإن المصنع يُسطى عليه بواسطة تلك المخططات الزرقاء التى هى مشغولة بذاتها. وبأحد المعانى فقد كان المصنع يصرخ طالبا أن يُسطى عليه فلو أنك ملأت مصنعك بماكينات حاذقة هكذا بحيث أنها تستطيع أن تفعل أى شئ تُنبؤها أى طبعة مخطط زرقاء بأن تصنعه، فإنه لا يكاد يكون مما يثير الدهشة أن يحدث آجلا أو عاجلا أن تظهر طبعة مخطط زرقاء تنبؤ هذه الماكينات أن تصنع نسخا من نفسها. وسيمتلأُ المصنع بالمزيد والمزيد من هذه الماكينات الشريرة، كل منها يزبد مخرجا طبعات تصميم زرقاء شريرة لصنع المزيد من الماكينات التى تصنع المزيد من نفسها. وفى النهاية، فإن الخلية البكتيرية سيئة الحظ تنفجر وتطلق ملايين من الفيروسات التى تعدى بكتريا جديدة. ويكفى هذا عن دورة الحياة الطبيعية للفيروس فى الطبيعة.

لقد أسميت الإنزيم النساخ لـ ر ن أ هو و ر ن أ بالماكينة وطبعة المخطط الزرقاء بالترتيب، وهما هكذا بمعنى ما، (سوف يجادَل فيه على أسس أخرى فى فصل تالى)، ولكنهما أيضا جزيئات، ومن الممكن أن يقوم الكيماويون البشر بتنقيتهما، وحفظهما فى قوارير واختزانها على رف. وهذا هو مافعله سول شبيجلمان وزملاؤه فى أمريكا فى الستينات. ثم إنهم وضعوا الجزيئين الاثنين معا فى محلول. وحدث شئ خلاب. ففى أنبوبة الاختبار قامت جزيئات ر ن أ بدور القوالب لتركيب نسخ من نفسها، بمساعدة وجود الانزيم النساخ لـ ر ن أ. وأدوات الماكينة وطبعات المخطط الزرقاء قد تم استخلاصهما وتخزينهما بالتبريد، وكل منهما منفصل عن الآخر. وبعدها، ماإن أصبح كل منهما متاحا للآخر، فى الماء، ومتاحا أيضا للجزيئات الصغيرة اللازمة كمواد خام، حتى عادا معا إلى حيلهما القديمة حتى وإن لم يكونا بعد فى خلية حية وإنما هما فى أنبوبةاختبار.

وليس ثمة غير خطوة قصيرة للوصول من هذا إلى الانتخاب الطبيعى والتطور فى المعمل. فهذا ليس إلا نسخة كيماوية من بيومورفات الكمبيوتر. ونهج التجربة هو أساسا أن يوضع صف طويل من أنابيب الإختبار التى يحوى كل منها محلول من إنزيم نساخ ر ن أ،

وأيضا من المواد الخام، الجزيئات الصغيرة التى يمكن استخدامها فى تركيب ر ن أ. وهكذا فإن كل أنبوبة اختبار تحوى أدوات الماكينة والمادة الخام، ولكنها حتى الآن مازالت تقبع خاملة، لاتفعل شيئا لأنها ينقصها طبعة المخطط الزرقاء حتى تعمل وفقها. والآن يقطر قدر ضئيل من ر ن أ نفسه إلى أنبوبة الإختبار الأولى. وفى التو ينشط جهاز الإنزيم النساخ للعمل لينتج كميات وافرة من نسخ لجزيئات ر ن أ التى أدخلت حديثا، فتنتشر خلال أنبوبة الإختبار. والآن تؤخذ قطرة من المحلول الذى فى أنبوبة الإختبار الأولى وتضاف إلى أنبوبة الاختبار الثانية. وتكرر العملية نفسها فى أنبوبة الاختبار الثانية ثم تؤخذ منها قطرة تستخدم لبذر أنبوبة الإختبار الثالثة، وهلم جرا.

ويحدث أحيانا، بسبب أخطاء النسخ العشوائية، أن ينشأ تلقائيا جزئ طافر من ر ن أ يختلف اختلافا بسيطا. وإذا كان النوع الجديد، لأى سبب من الأسباب، يتفوق تنافسيا على النوع القديم، يتفوق عليه بمعنى أنه، ربما بسبب انخفاض «لزوجته» يجعل نفسه يتناسخ تناسخا أسرع أو بمعنى آخر أكثر فعالية، فإن من الواضح أن النوع الجديد سينتشر خلال أنبوبة الإختبار التى نشأ فيها، فيتفوق عدديا على النموذج. الأبوى الذى أنشأه وبعدها، فعندما تؤخذ قطرة من المحلول الذى فى أنبوبة الاختبار هذه لبذر الأنبوبة التالية، فإن النوع الجديد الطافر هو الذى سيقوم بالبذار. ولو اختبرنا جزيئات ر ن أ فى تتال طويل من أنابيب الاختبار، سنرى مالا يمكن أن يسمى إلا بأنه تغير تطورى، وأنواع ر ن أ المتفوقة تنافسيا التى يتم انتاجها فى آخر «أجيال» عديدة من أجيال أنابيب الإختبار، يمكن وضعها فى قوارير وعنونتها لاستخدامها مستقبلا. وكمثل فإن النوع المسمى ف٢ V_2 يتناسخ بسرعة أكبر كثيرا من ر ن أ الطبيعى الموجود فى فيروس Q - beta، وربما يكون السبب أنه أصغر. وهو بخلاف ر ن أ فى Q - beta ليس عليه أن «يبالى» بأن يكون حاويا لخطط لصنع الإنزيم النساخ. فالإنزيم النساخ يوفره له مجانا أصحاب التجربة. وقد استخدم ر ن أ ف٢ كنقطة بداية لتجربة شيقة قام بها لزلى أورجل وزملاؤه فى كاليفورنيا حيث فرضوا على التجربة بيئة «صعبة».

لقد أضافوا إلى أنابيب اختبارهم سمّا يدعى بروميد الإيثيديوم مما يحبط تركيب ر ن أ: فهو يلصّق الأجزاء العاملة لأدوات الماكينة. وقد بدأ أورجل وزملاؤه بمحلول ضعيف للسم. وفى أول الأمر، أبطأ السم من سرعة التركيب الكيماوى، ولكن بعد إجراء تطوير

مايقرب من تسعة «أجيال» انتقال فى أنابيب الاختبار، تم انتخاب سلالة جديدة من ر ن أ تقاوم السم. وأصبح معدل تركيب ر ن أ الآن مما يقارن بمعدل ر ن أ ف٢ الطبيعى فى غياب السم. والآن، فإن أورجل وزملاءه ضاعفوا تركيز السم. ومرة أخرى انخفض معدل تناسخ ر ن أ، ولكن بعد عشرة نقلات أخرى فى أنابيب الإختبار أو ما يقرب من ذلك، تطورت سلالة من ر ن أ كانت محصنة حتى ضد التركيزات الأعلى من السم. ثم ضوعف تركيز السم مرة أخرى. وبهذه الطريقة، أمكنهم بواسطة التضاعفات المتتالية تطوير سلالة من ر ن أ تستطيع أن تنسخ ذاتها فى تركيزات عالية جداً من بروميد الايثيديوم، تركيزها عشرة أمثال السم الذى كان يحبط الجد الأصلى من ر ن أ ف٢. وقد أسموا ر ن أ المحصن الجديد ف V40. وتطوير ف.٤ من ف٢، قد استغرق مايقرب من مائة «جيل» انتقال فى أنابيب الإختبار (وطبيعى أن ثمة الكثير من أجيال التناسخ الفعلية لـ ر ن أ التى تتواصل فيما بين كل نقلة لأنابيب الاختبار).

وقد قام أورجل أيضا بتجارب لم يضف فيها أى إنزيم. ووجد أن جزيئات ر ن أ تستطيع أن تنسخ نفسها تلقائيا تحت هذه الظروف، وإن كان ذلك فى بطء شديد. ويبدو أنها تحتاج لمادة أخرى كعامل حافز catalyst، مثل الزنك. وهذا أمر مهم، لأنه بالنسبة للأيام المبكرة من الحياة عندما ظهرت الناسخات لأول مرة، لايمكننا أن نفترض وجود إنزيمات فيما حول الجزيئات تساعدها على التناسخ. وإن كان من المحتمل أن الزنك كان موجودا.

والتجربة المكملة تم تنفيذها منذ عقد فى معمل المدرسة الألمانية ذات النفوذ القوى والتى تبحث فى أصل الحياة تحت إشراف مانفريد أيجن. وقد قام هؤلاء البحاث بتوفير الإنزيم النساخ ووحدات بناء ر ن أ فى أنبوبة الاختبار، ولكنهم «لم» يبذروا المحلول بحامض ر ن أ. ومع هذا، فقد تم تطوير جزئ معين كبير من ر ن أ «تلقائيا» فى أنبوبة الاختبار، وكرر هذا الجزئ ذاته تطوير نفسه مرة وأخرى فى تجارب تالية مستقلة! وبيّن الفحص الدقيق أنه لايوجد ثمة احتمال للعدوى بالمصادفة بجزيئات ر ن أ. وهذه نتيجة رائعة عندما تحسب إحصائيا قلة احتمال أن ينشأ نفس هذا الجزئ الكبير مرتين تلقائيا. فقلة احتمال ذلك تزيد كثيرا جدا عن قلة احتمال، الطبع التلقائى لعبارة ME-THINKS IT IS LIKE A WEASEL. وبمثل هذه العبارة فى نموذجنا بالكمبيوتر، فإن جزئ ر ن أ المحبذ بعينه قد تم بناؤه بالانتخاب «التراكمى» التدريجى.

ونوع ر ن أ الذى يتكرر إنتاجه فى هذه التجارب هو من نفس حجم وبناء الجزيئات التى أنتجها شبيجلمان. ولكن بينما قام شيجلمان بتطويرها «بالتفسخ» degeneration من حامض ر ن أ الأكبر الموجود طبيعيا فى فيروس Q-beta، فإن جزيئات مجموعة أيجن قد بنت نفسها مما يكاد يكون لاشيء. وهذه المعادلة بالذات تتكيف على وجه حسن مع بيئة تتألف من أنابيب اختبار قد زودت بالإنزيم النساخ جاهزا مسبقا. وإذن فإنه يتم التلاقى عليها بواسطة الانتخاب التراكمى من نقطتى بدء تختلفان اختلافا تاما. فالجزيئات الأكبر لـ ر ن أ فى فيروس Q-beta أقل تكيفا لبيئة أنبوبة الإختبار ولكنها أحسن تكيفا للبيئة التى توفرها خلايا عصوى القولون.

والتجارب التى من هذا النوع تساعدنا على إدراك طبيعة الانتخاب الطبيعى الأتوماتيكية بالكامل وغير المعتمدة. «فماكينات» الإنزيم النساخ لا «تعرف» السبب فى أنها تصنع جزيئات ر ن أ: فما تفعله هو مجرد إنتاج جانبى لشكلها. وجزيئات ر ن أ نفسها لاترسم استراتيجية لأن تجعل نفسها تتناسخ. وحتى لو أمكنها التفكير، فما من سبب واضح ينبغى أن يدفع أى كيان مفكر لأن يصنع نسخا من نفسه. ولو أنى عرفت كيف أصنع نسخا لنفسى، لما وثقت من أنى سأعطى لهذا المشروع أولوية كبرى عندما أقارنه بكل الأشياء الأخرى التى أريد صنعها: فلماذا ينبغى علىّ ذلك؟ على أن الدافع غير وارد بالنسبة للجزيئات. وكل ما فى الأمر أنه يتفق أن بنية ر ن أ الفيروسى تكون بحيث تجعل الماكينات الخلوية تزبد مخرجة نسخا من أنفسها. ولو اتفق أن أى كيان فى أى مكان من الكون، كان له خاصية إجادة صنع المزيد من النسخ لنفسه، فمن الواضح عندها أنه «سوف» يظهر للوجود أوتوماتيكيا المزيد والمزيد من نسخ هذا الكيان. وليس هذا فحسب، بل إنه ما دامت هذه الكيانات تشكل أوتوماتيكيا سلالات، ويحدث عرضا أخطاء نسخ لها، فإن النسخ الأخيرة تتجه لأن تكون «أفضل» فى صنع نسخ لنفسها عن النسخ الأقدم، وذلك بسبب عمليات الانتخاب التراكمى قوية السلطان. إن الأمر كله بسيط وأتوماتيكى بالكلية. وهو قابل للتنبؤ به بما يكاد يجعله حتميا.

وجزئ ر ن أ «الناجح» فى أنبوبة الاختبار، يكون ناجحا بسبب خاصة ما ذاتية مباشرة وجبلية، شيء مماثل «للزوجة» فى مثلى المفترض. على أن الخواص من مثل «اللزوجة»

تكاد تثير الملل. إنها خواص أولية للناسخة نفسها، خواص لها تأثير مباشر فى احتمال تناسخها فى نفسها. ماذا لو أن الناسخة كان لها تأثير مافى شئ غيرها، وهذا يؤثر فى شئ غيره، الذى يؤثر بدوره فى شئ غيره، الذى.. وفى النهاية يؤثر تأثيرا غير مباشر فى فرصة تناسخ الناسخة؟ يمكنك أن ترى، أنه لو وجدت سلاسل طويلة هكذا من الأسباب، فإن الحقيقة البديهية الأساسية ستظل باقية. فالناسخات التى يتفق أن يكون عندها مايلزم لتناسخها سوف تصل إلى أن تكون المسيطرة فى العالم، «مهما كان طول وعدم مباشرة» سلسلة الوصلات السببية التى تؤثر عن طريقها فى احتمالات تناسخها هى. وبنفس المنطق، فإن العالم سيصبل إلى أن يمتلئ بتلك الوصلات التى فى هذه السلسلة السببية. وسوف ننظر الآن لتلك الوصلات، لنذهل منها.

إننا نراها طول الوقت فى الكائنات العضوية الحديثة ـ إنها الأعين والبشرات والعظام وأصابع الأقدام، والأمخاخ والغرائز. فهذه الأشياء هى أدوات تناسخ د ن أ. وهى تتسبب عن د ن أ بمعنى أن الإختلاف فى الأعين، والبشرات والعظام والغرائز، الخ تتسبب عن اختلافات فى د ن أ. وهى تحدث تأثيرا فى تناسخ د ن أ الذى سببها، وذلك بأن تؤثر فى بقاء وتكاثر أجسادها ـ التى تحوى د ن أ نفسه، وبالتالى فإن د ن أ يشاركها فى مصيرها. وإذن فإن د ن أ نفسه يمارس تأثيرا فى تناسخه هو ذاته، عن طريق خواص الأجساد. ويمكن القول أن د ن أ يمارس السلطة على مستقبله هو نفسه، وأن الأجساد وأعضاءها وأنماط سلوكها هى أدوات هذه السلطة.

وعندما نتكلم عن السلطة، فإننا نتحدث عن نواتج الناسخات التى تؤثر فى مستقبلها الخاص بها، مهما كانت هذه النواتج غير مباشرة. ولا يهم عدد الوصلات الموجودة فى السلسلة إبتداءا من السبب حتى النتيجة. وإذا كان السبب هو كيان ناسخ لذاته، فالنتيجة مهما كانت بعيدة وغير مباشرة، فإنها يمكن أن تكون خاضعة للانتخاب الطبيعى. وسألخص الفكرة العامة بأن أحكى حكاية معينة عن القنادس، وهى فى تفصيلها حكاية مفترضة، ولكنها بالتأكيد لايمكن أن تكون بعيدة عن الحقيقة. فمع أن أحدا لم يقم ببحث على نمو اتصالات المخ فى القندس، فإن هذا النوع من البحث قد نفذ على حيوانات أخرى، مثل الديدان. وسوف اقترض الإستنتاجات لأطبقها على القنادس، لأن القنادس أكر تشويقا للكثيرين وأكثر ملاءمة لمزاجهم عن الديدان.

إن جينا طافرا فى أحد القنادس هو مجرد تغيير فى حرف واحد من النص ذى البليون حرف، وليكن تغييرا فى جين معين هو ج، وإذ ينمو القندس الصغير، فإن التغير ينسخ، مع كل الحروف الأخرى فى النص، فى كل خلايا القندس. وفى أغلب الخلايا لا تتم قراءة الجين ج، بينما تتم قراءة الجينات الأخرى التى لها علاقة بمهام أنواع الخلايا الأخرى. على أن الجين ج تتم قراءته فى بعض الخلايا فى المخ النامى. وهو يقرأ ويترجم فى نسخ من ر ن أ. ونسخ ر ن أ العاملة تدور منجرفة من داخل الخلية، وفى النهاية فإن بعضها يرتطم بالماكينات صانعه البروتين التى تسمى ريبوزومات Ribosomes. وتقرأ الماكينات صانعة البروتين الخطط التنفيذية لـ ر ن أ، وتنتج جزيئات بروتينية جديدة حسب مواصفاتها. وتلتف جزيئات البروتين هذه فى شكل معين يحدده تتابع الأحماض الأمينية الخاص بها، وهذا بدوره يحكمه تتابع شفرة د ن أ فى الجين ج. وعندما يطفر ج، فإن التغير يحدث فارقا حاسما فى تتابع الأحماض الأمينية الذى يحدده الجين ج طبيعيا، وبالتالى يحدث فارقا حاسما فى الشكل الملتف لجزئ البروتين.

وجزيئات البروتين هذه التى تغيرت تغيرا طفيفا يتم إنتاجها بالجملة بواسطة الماكينات صانعه البروتين داخل خلايا المخ النامية. وهى بدورها تعمل كإنزيمات، أى الماكينات التى تصنع مركّبات أخرى فى الخلية، منتجات الجين. وتجد منتجات الجين ج طريقها إلى الغشاء الذى يحيط بالخلية. وتشارك فى العمليات التى تقيم بها الخلايا اتصالات بالخلايا الأخرى. وبسبب التغير الطفيف فى خطط د ن أ الأصلية، فإن معدل إنتاج بعض المركبات المعينة بهذه الأغشية يتغير، وهذا بدوره يغير من الطريقة التى تتصل بها خلايا معينة من خلايا المخ النامية إحداها بالأخرى. وهكذا فقد حدث تغير رهيف فى هيكل التوصيلات فى جزء معين من مخ القندس، هو نتيجة غير مباشرة بل ونائية البعد، لتغير فى نص د ن أ.

والآن فقد اتفق أن هذا الجزء المعين من مخ القندس، بسبب موقعه فى الهيكل الكلى للتوصيلات، يشارك فى سلوك القندس فى بناء السد. وبالطبع، فإن أجزاءا كبيرة من المخ تقوم بالمشاركة كلما بنى القندس سدا، ولكن عندما أثرت طفرة ج فى هذا الجزء المعين

من هيكل التوصيلات بالمخ، فإن التغير كان له تأثير محدد فى السلوك. فهو يجعل القندس يقيم رأسه فى الماء على مستوى أعلى وهو يسبح بقطعة خشب بين فكيه. والمستوى الأعلى معناه أعلى من القندس الذى لم تحدث فيه طفرة. وهذا يقلل قليلا من احتمال أن يغسل الماء أثناء الرحلة ما يعلق بالخشبة من وحل. وهذا يزيد من لزوجة الخشبة، ويعنى بالتالى أنه عندما يلقى القندس الخشبة فى السد، سيكون احتمال بقاءها هناك أكبر. وينزع هذا إلى أن ينطبق على كل قطع الخشب التي يضعها أى قندس يحمل هذه الطفرة المعينة. وزيادة لزوجة قطع الخشب هى نتيجة، ومرة أخرى نتيجة غير مباشرة جدا، لتغيير فى نص د ن أ.

وزيادة لزوجة قطع الخشب تعنى أن السد سيكون له بنية أشد إحكاما، وأقل عرضة للانهيار. وهذا بدوره يزيد من حجم البحيرة التى يخلقها السد، الأمر الذى يجعل المأوى الذى فى منتصف البحيرة أكثر أمانا ضد المفترسين. وينزع هذا إلى أن يزيد من عدد السلالة التى ينشؤها القندس بنجاح. وإذا نظرنا إلى كل عشيرة القنادس، فإن القنادس التى تحوز الجين الطافر ستنزع إذن، فى المتوسط، لأن تنشئ سلالة أكثر من تلك التى لاتحوز الجين الطافر. وهذه السلالة ستنزع إلى أن ترث من والديها نسخ محفوظات للجين المعدل ذات نفسه. وإذن، فإنه فى داخل العشيرة يصبح هذا الشكل من الجين هو الأكثر عددا بمرور الأجيال. وفى النهاية فإنه يصبح القاعدة، ولايستحق بعد لقب «الطافر». وستكون سدود القندس بعامة قد تحسنت بدرجة أخرى.

وحقيقة أن هذه الحكاية بالذات افتراضية، وأن تفاصيلها قد تكون خطأ، هى مما لا تأثير له فى الموضوع. إن سد القندس قد تطور بالانتخاب الطبيعى، وإذن فإن مايحدث لا يمكن أن يختلف كثيرا عن الحكاية التى رويتها إلا فى التفاصيل العملية. والدلالات العامة لهذه النظرية للحياة قد تم شرحها وإيضاحها فى كتابى «المظهر الممتد»، ولن أكرر حججى هنا. وسوف تلاحظ فى هذه القصة المفترضة أن هناك ما لايقل عن ١١ وصلة فى سلسلة السببية التى تصل الجين المعدل بالبقاء المتحسن. وقد يكون هناك حتى وصلات أكثر فى الحياة الحقيقية. وكل وصلة من هذه الوصلات، سواء كانت تأثيرا فى الكيمياء من داخل الخلية، أو تأثيرا لاحقا فى الطريقة التى توصل بها خلايا المخ نفسها

معا، أو حتى تأثيرا لاحقا بأكثر فى السلوك، أو تأثيرا نهائيا فى حجم البحيرة، فهى كلها مما يعد بصورة صحيحة أنه قد «تسبب» عن تغير فى **د ن** أ. ولايهم أن يكون عدد الوصلات قد بلغ ١١١ . وأى تأثير يحدثه تغيير الجين فى احتمالات تناسخه هو نفسه، يكون بمثابة اللعبة المتاحة للأنتخاب الطبيعى. إن الأمر كله بسيط بساطة تامة، وأتوماتيكى على نحو مبهج، وغير متعمد. إن شيئا كهذا ليكون محتوما تماما، بمجرد أن يظهر للوجود أول كل شئ المقومات الأساسية للانتخاب التراكمى ـ أى التناسخ والخطأ والسلطة. ولكن كيف حدث ذلك؟ كيف أتت هذه المقومات للوجود على الأرض قبل أن تكون هناك حياة؟ سوف نرى كيف تمكن الإجابة عن هذا السؤال الصعب فى الفصل التالى.

الفصل السادس

بدايات ومعجزات

صدفة، حظ، اتفاق، معجزة. إن أحد الموضوعات الهامة فى هذا الفصل هى المعجزات ومانعنيه بها. وسيكون مبحثى هو أن الأحداث التى نسميها عادة معجزات ليست أمورا خارقة للطبيعة، ولكنها جزء من منظور من الأحداث الطبيعية التى هى بدرجة أو أخرى قليلة الاحتمال. فالمعجزة بكلمات أخرى، إذا كانت تقع على الإطلاق، هى ضربة حظ هائلة. والأحداث ليست مما تنقسم بصورة منمقة إلى أحداث طبيعية «إزاء» معجزات.

ثمة بعض مما قد يحدث هو على درجة بالغة من قلة الاحتمال بحيث لايمكن توقعه، ولكننا لانستطيع معرفة ذلك إلا إذا قمنا بعملية حسابية. ولعمل الحسبة، يجب أن نعرف ماهو كم «الوقت» المتاح لوقوع الحدث، أو بصورة أعم ماهو عدد «الفرص» المتاحة، لوقوع الحدث. وبفرض زمن غير محدد، أو فرص غير محددة، فإن أى شئ يكون محتملا. والأرقام الهائلة التى يمدنا بها علم الفلك على نحو يضرب به المثل، هى والامتدادات الزمنية الهائلة التى تتميز بها الجيولوجيا، تشترك فى أنها تقلب رأسا على عقب تقديراتنا اليومية لما هو متوقع وما هو معجز. وسأصل إلى هذه النقطة باستخدام مثل خاص هو الموضوع الرئيسى الآخر لهذا الفصل. وهذا المثل هو مشكلة كيف كانت بداية الحياة على الأرض. وحتى تستبين النقطة فى وضوح، سأركز تعسفيا على نظرية واحدة بعينها عن نشأة الحياة، وإن كانت أيا من النظريات الحديثة ستفى بالغرض.

إننا نستطيع تقبل قدرا معينا من الحظ فى تفسيراتنا، ولكن ليس قدرا أكبر من اللازم. والسؤال هو «أى» قدر؟ وضخامة الزمان الجيولوجى تؤهلنا لأن نفترض وقوع الصدف

قليلة الاحتمال بدرجة أكبر مما تسمح به محكمة قانونية، ولكن حتى مع هذا، فإن ثمة قيود. والانتخاب التراكمى هو المفتاح لكل تفسيراتنا الحديثة للحياة. وهو يربط معا سلسلة متقبلة من أحداث محظوظة (طفرات عشوائية) مربوطة فى تتالى غير عشوائى، بحيث أنه عند نهاية هذا التتالى يحمل الناتج النهائى معه الوهم بأنه حقا محظوظ جدا جدا، وعلى درجة بالغة من قلة الاحتمال تجعله أبعد من أن يكون قد ظهر بالصدفة وحدها، حتى مع الحاجة امتدادزمنى أطول ملايين المرات من عمر الكون حتى الآن. والانتخاب التراكمى هو المفتاح، ولكنه مما يلزم بدء تشغيله، ولا يمكننا تجنب الحاجة إلى فرض حدث تصادفى من «خطوة واحدة» فى مبدأ الانتخاب التراكمى نفسه.

وهذه الخطوة الأولى الحيوية هى خطوة صعبة، لأنها خطوة يكمن فى لبها مايبدو أنه مفارقة. إن عمليات التناسخ التى نعرفها يبدو أنها تحتاج إلى نظام ماكينات معقد لتشغيلها. وفى وجود الإنزيم النسّاخ «كأداة للماكينة»، ستتطور شظايا من ر ن أ، ويتم ذلك بصورة متكررة ومتلاقية، نحو نفس النقطة النهائية، نقطة نهائية يبدو «احتمالها» صغيرا إلى حد التلاشى إلا إذا تفكّرت فى قوة الانتخاب التراكمى. على أن علينا أن نعين هذا الانتخاب التراكمى حتى يبدأ تشغيله. وهو لن يعمل إلا إذا مددناه بحافز، مثل «أداة الماكينة»، الإنزيم النساخ الذى ذكر فى الفصل السابق. وفيما يبدو، فإن هذا الحافز لا يحتمل أن يأتى إلى الوجود تلقائيا، إلا تحت توجيه جزيئات أخرى من ر ن أ. وإذا كانت جزيئات د ن أ تتناسخ فى نظام الماكينات المعقد للخلية، والكلمات المكتوبة تتناسخ فى ماكينات الزيروكس، إلا أن أيا منهما لايبدو قادرا على التناسخ تلقائيا فى غياب نظام الماكينات الداعم لهما. وماكينة الزيروكس لها القدرة على نسخ المخططات الزرقاء لتصميمها هى نفسها، ولكنها ليس لها القدرة على الانبثاق تلقائيا إلى الوجود. والبيومورفات تتناسخ بسهولة فى البيئة التى يمد بها برنامج كمبيوتر مكتوب على النحو الملائم، ولكنها لاتستطيع أن تكتب برنامجها هى نفسها أو أن تبنى كمبيوترا ينفذه. ونظرية صانع الساعات الأعمى هى على أقصى حد من القوة بشرط أن يسمح لنا بافتراض التناسخ، وبالتالى افتراض الانتخاب التراكمى. ولكن إذا كان التناسخ يحتاج إلى نظام ماكينات معقد، وحيث أن الطريقة الوحيدة التى نعرفها عن كيفية ظهور نظام الماكينات المعقد إلى الوجود فى النهاية هى الانتخاب التراكمى، فإن لدينا مشكلة.

من المؤكد أن نظام ماكينات الخلية الحديث، جهاز **د ن أ** للتناسخ وتركيب البروتين، له كل سمات ماكينة راقية التطور ومصممة تصميما خاصا. وقد رأينا كيف أن هذا النظام بمثابة وسيلة مضبوطة لتخزين المعلومات تبهر كل الإبهار. وهو على مستواه الخاص من النمنمة الفائقة، يكون فى نفس درجة الحذق والتعقد التى لتصميم العين على المستوى الأضخم. وكل من تفكّر فى الأمر يوافق على أن جهازا فى تعقد العين لا يحتمل أن يظهر إلى الوجود من خلال الانتخاب بخطوة واحدة. ولسوء الحظ فإنه يبدو أن نفس الشئ يصدق هنا على الأقل فيما يتعلق بأجزاء من نظام الماكينات الخلوية الذى يقوم فيه **د ن أ** بنسخ نفسه. وينطبق هذا ليس فحسب على خلايا الكائنات المتقدمة مثلنا نحن والأميبا، وإنما ينطبق أيضا على الكائنات الأقل تقدما نسبيا مثل البكتريا والطحالب الخضراء ـ الزرقاء.

وهكذا، فإن الانتخاب التراكمى يستطيع صنع التركّب بينما لا يستطيع ذلك الانتخاب بخطوة واحدة. ولكن الانتخاب التراكمى لا يستطيع العمل إلا إذا كان هناك حد أدنى من نظام ماكينات التناسخ وسلطة الناسخات، ونظام ماكينات التناسخ الوحيد الذى نعرفه يبدو أنه أكثر تعقيدا من أن يأتى إلى الوجود بواسطة أى شئ أقل من أجيال عديدة من الانتخاب التراكمى! ويرى بعض الناس أن هذا خلل أساسى فى كل نظرية صانع الساعات الأعمى. ويرون أنه الدليل النهائى على أن نظام الماكينات الأصلى للتناسخ هو تركب منظم لابد وأن يفترض بدء ظهوره مصمما دون تطور.

ومن الواضح أن هذه محاجة واهية، بل إنها تنقض نفسها بصورة جلية. إن التركب المنظم هو الأمر الذى نجد صعوبة فى تفسيره. وما إن يتم السماح لنا ببساطة بأن «نفترض» كون التركب المنظم هكذا، حتى وإن كان هذا فحسب هو التركب المنظم الذى فى آلة **د ن أ** / بروتين الناسخة، فسيكون من السهل نسبيا الاستناد إليه بعدها كمولّد لما يزيد عنه من التركب المنظم. وهذا حقا ما يدور بشأنه معظم هذا الكتاب. فنحن إذا سمحنا لأنفسنا بمثل هذا المخرج الخامل، فإن فى وسعنا بالمثل أن نقول: «إن **د ن أ** دائما هناك» أو «إن الحياة دائما هناك»، وننهى الأمر هكذا.

وكلما استطعنا أن نكون أكثر ابتعادا عن المعجزات، الأمور التى على أقصى قدر من قلة الإحتمال، أو مايحدث اتفاقا على نحو خيالى، أو أحداث الصدفة الكبرى، وكلما استطعنا أن نكون أكثر إتقانا فى تفتيت أحداث الصدفة الكبرى إلى سلسلة تراكمية من أحداث صدفة صغيرة، ستكون تفسيراتنا أكثر إرضاءا للعقول المنطقية. ولكننا فى هذا الفصل نسأل ماهو «مدى» قلة الاحتمال أو «الإعجاز» الذى يسمح لنا بافتراضه فى الحدث الواحد؟ ماهو أكبر حدث واحد من محض الصدفة المطلقة، من محض الحظ المعجز غير المشوب، الذى يسمح لنا أن نخلص به فى نظرياتنا، ويظل يقال بعدها أن لدينا تفسيرا وافيا للحياة؟ وكى يكتب القرد بالصدفة «Methinks it is like a weasel»، يحتاج الأمر إلى قدر كبير جدا من الحظ، ولكنه مازال مما يمكن قياسه. وقد حسبنا الاحتمالات ضد ذلك بما يقرب من عشرة آلاف مليون مليون مليون مليون مليون (١٠^٤٠) ضد الواحد. ومامن أحد يستطيع فى الواقع أن يستوعب أو يتصور رقما كبيرا هكذا، ونحن وحسب نتصور هذه الدرجة من قلة الاحتمال على أنها ترادف المحال. ورغم أننا لانستطيع فهم هذه المستويات من قلة الاحتمال فى أذهاننا، إلا أنه ينبغى ألا نكتفى بالهرب منها فى رعب. فرقم ١٠^٤٠ قد يكون كبيرا جدا، إلا أننا مازلنا نستطيع تسجيله كتابة، ومازلنا نستطيع استخدامه فى الحسابات. وهناك مع كل، أرقام أكبر حتى من ذلك: فمثلا ١٠^٤٦ ليس فحسب رقما أكبر، وإنما يجب أن تضيف ١٠^٤٠ إلى نفسها مليون مرة لتحصل على ١٠^٤٦. ماذا لو أمكننا بطريقة ما حشد جمهور من ١٠^٤٦ قردا كل له آلته الكاتبة؟ كيف، إن واحدا منهم ويا للعجب سيستطيع فى وقار أن يطبع Methinks it is like a weasel، ويكاد يكون مؤكدا أن واحدا آخر سيطبع «أنا أفكر إذن أنا موجود». إن المشكلة هى بالطبع، أننا لانستطيع جمع قرود بهذا العدد. ولو تحولت كل مادة الكون إلى لحم قرود فإننا رغم ذلك لنا نستطيع الحصول على العدد الكافى من القرود. فمعجزة القرد الذى يطبع Methinks it is Like a weasel هى معجزة هائلة جدا من حيث «الكم» وهائلة جدا من حيث «إمكان قياسها» بما لايسمح لنا بإدخالها فى نظرياتنا عما يحدث فعلا. ولكننا لم نتمكن من معرفة ذلك إلا عندما جلسنا وقمنا بعملية الحساب.

وهكذا فإن ثمة مستويات من مطلق الحظ ليست وحسب هائلة جدا بالنسبة للتصورات البشرية الضئيلة، وإنما هى هائلة جدا بأكثر مما يسمح به فى حساباتنا العنيدة، عن بداية

الحياة. ولكن السؤال يتكرر، ماهو مدى كبر مستوى الحظ، وماهو قدر المعجزة، الذى يُسمح «لنا» بافتراضه؟ دعنا لانهرب من هذا السؤال لمجرد أنه مما يتطلب أرقاما ضخمه. إنه سؤال صحيح تماما، ويمكننا على الأقل أن نسجل كتابة ما نحتاج أن نعرفه لحساب الإجابة.

هاك الآن فكرة خلابة. إن الإجابة عن سؤالنا ـ عن كمية الحظ التى يُسمح لنا بافتراضها ـ تعتمد على ماإذا كان كوكبنا هو الكوكب الوحيد الذى فيه حياة، أو إذا كانت الحياة مما يعج به الكون كله. إن الشئ الوحيد الذى نعرفه على وجه التأكيد هو أن الحياة قد نشأت ذات مرة هنا على هذا الكوكب ذاته. ولكننا ليس لدينا أى فكرة مطلقا عما إذا كان ثمة حياة فى مكان آخر فى الكون. ومن المحتمل تماما ألا تكون ثمة حياة هناك. وبعض الناس قد حسبوا أنه لابد من وجود حياة فى مكان آخر، على الأسس التالية (ولن أبين المغالطة إلا فيما بعد). من المحتمل أنه يوجد على الأقل مايقرب من ١٠^٢٠ (أى مائة بليون بليون) من الكواكب الملائمة فى الكون. ونحن نعرف أن الحياة قد نشأت هنا، وإذن فإنها لايمكن أن تكون على «كل» هذا القدر من قلة الاحتمال. وبالتالى فإنه يكاد يكون مما لامفر منه أن هناك حياة فى بعض على الأقل من كل بلايين بلايين الكواكب الأخرى هذه.

وخلل هذه المحاجة يكمن فى استنتاج أنه «مادامت الحياة قد نشأت هنا»، فإنها لايمكن أن تكون على درجة من قلة الاحتمال جد هائلة. وسوف نلاحظ أن هذا الاستنتاج يحوى افتراضا من داخله بأن أيا مما قد حدث على الأرض يحتمل أن يجرى فى مكان آخر فى الكون، وهذا إدعاء لصحة الفرض فى المسألة كلها بلا برهان. وبمعنى آخر، فإن هذا النوع من المحاجة الإحصائية، بأنه يجب وجود حياة فى مكان آخر من الكون لأن ثمة حياة هنا، يبنى كفرض من الداخل مايحاول إثباته. ولا يعنى هذا أن استنتاج أن الحياة توجد فى أرجاء الكون كله هو بالضرورة خطأ. وماأخمنه هو أن هذا مما يحتمل أن يكون صحيحا، وإنما مايعنيه الأمر ببساطة هو أن تلك المحاجة بعينها التى أدت إليه هى ليست محاجة على الاطلاق إنها مجرد افتراض.

دعنا، جدلا، نفكر فى الفرض البديل بأن الحياة قد ظهرت فقط مرة واحدة، وأبدا، وأن هذا كان هنا على الأرض. ثمة إغراء بمعارضة هذا الفرض على الأسس العاطفية التالية، أليس فى ذلك شئ ما رهيب من روح العصور الوسطى؟ ألا يذكّر بزمن أن كانت الكنيسة تعلمّ أن أرضنا هى مركز الكون، وأن النجوم ليست إلا ثقوب ضوء صغيرة وضعت فى السماء لتبهجنا (أو تعلمنا فيما هو حتى أكثر ادعاءا وسخفا، أن النجوم تخرج عن طريقها لتمارس تأثيرات من طالع الفلك على حيواتنا الصغيرة)؟ ألا يكون من أشد الغرور الزعم بأن من بين بلايين بلايين الكواكب فى الكون، يكون عالمنا الصغير المنزوى فى نظامنا الشمسى المحلى المنزوى، فى مجرتنا المحلية المنزوية، هو ما ينبغى أن ينفرد بالحياة؟ لماذا بحق السماء، ينبغى أن يكون ذلك فى «كوكبنا»؟

إنى لآسف أسفا حقيقيا، ذلك أنى ممتن قلبيا لأننا هربنا من ضيق عقل كنيسة العصور الوسطى كما أنى أحتقر منجمى الطالع المحدثين، ولكنى أخشى أن الخطاب عن الأشياء المنزوية فى الفقرة السابقة هو مجرد خطاب فارغ. فمن المحتمل «تماما» أن عالمنا المنزوى هو حرفيا العالم الوحيد الذى تولدت فيه أى حياة قط. والنقطة هى أنه «لو» كان هناك عالم واحد فقط قد تولدت فيه الحياة، فإنه «يجب» أن يكون عالمنا، لسبب معقول جدا هو «إننا» ها هنا نناقش السؤال! وإذا كان نشوء الحياة «هو» حدث على درجة من قلة الإحتمال بحيث أنه وقع فى كوكب واحد فقط فى الكون، فإن كوكبنا إذن يجب أن يكون ذلك الكوكب. وهكذا فإننا لاننا لانستطيع استخدام حقيقة أن الأرض فيها حياة لنستنتج أن الحياة يجب أن تكون على قدر من الاحتمال يكفى لظهورها فوق كوكب آخر. إن محاجة كهذه ستكون حلقة مفرغة. ويجب أن يكون لدينا بعض حجج مستقلة عن مدى صعوبة أو سهولة أن تنشأ الحياة على أحد الكواكب، قبل أن نستطيع أن نبدأ حتى الإجابة عن السؤال عن عدد ما فى الكون من الكواكب الأخرى التى فيها حياة.

ولكن هذا ليس هو السؤال الذى بدأنا به. إن سؤالنا كان ماقدر الحظ الذى يسمح لنا بافتراضه فى نظرية عن نشوء الحياة على الأرض؟ وقد قلت أن الإجابة تعتمد على ما إذا كانت الحياة قد نشأت فقط مرة واخدة أو مرات كثيرة. ولنبدأ باعطاء إسم لاحتمال بدء الحياة على أى كوكب من نمط معين يخصص عشوائيا، مهما كان ذلك الاحتمال

ضئيلا. ولنسمى هذا الرقم إحتمال النشوء التلقائى (أ ن ت) وهو أ ن ت الذى سنصل إليه لو جلسنا إلى مراجعنا فى الكيمياء، أو أرسلنا الشرر فى مزيج معقول من الغازات الكيماوية فى معملنا، وحسبنا احتمالات أن تقفز الجزيئات الناسخة تلقائيا للوجود فى جو كواكبى نموذجى. ولنفرض أن أحسن تخميناتنا عن أ ن ت هو رقم صغير جدا جدا، لنقل أنه واحد فى البليون. من الواضح أن هذا احتمال يبلغ من صغره ألا يكون لدينا أدنى أمل فى أن تكون نشأه الحياة، كحدث معجز ومحظوظ هكذا إلى حد الإذهال، هو مما سنكرر نسخه فى تجاربنا بالمعامل. على أننا لو افترضنا.، بما نحن مؤهلين تماما لافتراضه جدلا، أن الحياة قد نشأت فحسب مرة واحدة فى الكون، فإنه يترتب على ذلك أننا «يسمح» لنا بافتراض قدر كبير جدا من الحظ فى إحدى النظريات، والسبب أن ثمة كواكب كثيرة جدا فى الكون، حيث كان «يمكن» للحياة أن تنشأ، وإذا كان هناك، كما فى أحد التقديرات، ١٠٠ بليون بليون كوكب، فإن هذا حتى أكبر مائة بليون مرة عن أ ن ت الصغير جدا الذى افترضناه. ولكى ننهى هذه المحاجة فإن أقصى قدر من الحظ يسمح لنا بافتراضه، قبل أن نرفض نظرية معينة عن نشأة الحياة، تكون احتمالاته هى واحد من ع، حيث ع عدد الكواكب الملائمة فى الكون. وثمة أشياء كثيرة مخبوءة فى كلمة «الملائمة»، ولكن دعنا نضع حدا أعلى من ١ فى مائة بليون بليون، كأقصى قدر من الحظ تؤهلنا هذه المحاجة لافتراضه.

ولنفكر فيما يعنيه هذا. سنذهب إلى أحد الكيمائيين، ونقول له: أخرج مراجعك وآلتك الحاسبة، أشحذ قلمك وقريحتك؛ املأ رأسك بالمعادلات، وقواريرك بالميثين والنشادر والهيدروجين وثانى أكسيد الكربون وكل الغازات الأخرى التى يتوقع أن تكون فى كوكب بدائى بلا حياة، أطبخها كلها معا؛ مرر ومضات برق خلال أجواءك المصطنعة، وومضات الهام خلال مخك، استخدم كل طرقك الكيماوية البارعة، وأعطنا أحسن تقديراتك الكيماوية لاحتمال أن كوكبا نموذجيا سيولّد تلقائيا جزيئا ناسخا لذاته. أو لنضع السؤال بطريقة أخرى، ماطول الزمن الذى ينبغى أن ننتظره حتى ينتج عن أحداث كيمائية عشوائية على الكوكب، اصطدامات حرارية عشوائية للذرات والجزيئات، ينتج عنها جزئ ناسخ للذات؟

إن الكيمائيين لا يعرفون الإجابة عن هذا السؤال. ولعل معظم الكيمائيين المحدثين سيقولون أنه سيكون علينا أن ننتظر زمنا طويلا بمقاييس فترة حياة الانسان، ولكن لعله ليس بهذا الطول بمقاييس الزمان الكونى. وتاريخ الأرض بالحفريات يشير إلى أن هذا السؤال سيجعلنا نتناول مايقرب من البليون سنة ـ أو من إيون aeon واحد لو استخدمنا المصطلح الحديث الملائم ـ لأن هذا تقريبا هو الزمن الذى استغرقته الفترة من منشأ الأرض منذ مايقرب من ٤٫٥ بليون سنة حتى عصر أول حفريات الكائنات الحية. ولكن النقطة فى محاجة «أعداد الكواكب» هى أنه حتى لو كان الكيميائى قد قال أننا يجب أن ننتظر «معجزة»، يجب أن ننتظر بليون بليون سنة ـ أى لزمن أطول كثيرا من زمن وجود الكون، فإننا مازلنا نستطيع قبول هذا الحكم برباطة جأش. فمن المحتمل أن هناك أكثر من بليون بليون كوكب متاح فى الكون. وإذا كان كل منها قد بقى بمثل مابقيت الأرض، فإن هذا يجعل، فى متناولنا بليون بليون من السنوات الكوكبية، وفى هذا مايفى على نحو طيب! إن المعجزة تتم ترجمتها فى السياسة العملية بحاصل ضرب.

هناك فرض خفى فى هذا المحاجة. حسن، الواقع أن هناك فروضا كثيرة، ولكن ثمة واحد بعينه أريد التحدث عنه. وهو أن الحياة (أى الناسخات والانتخاب التراكمى) ما إن تبدأ بأى حال، فإنها دائما تتقدم إلى نقطة حيث تطور فيها كائناتها من الذكاء ما يكفى لأن يتأمل أفرادها فى نشوئهم. وإذا لم يكن الأمر هكذا، فإن تقديرنا لكمّ الحظ الذى يسمح لنا بافتراضه يجب أن يقلل حسب ذلك. ولمزيد من الدقة، فإن أقصى احتمالات ضد ما يسمح لنا بافتراضه فى نظرياتنا عن نشأة الحياة فى أى كوكب واحد، هو عدد الكواكب المتاحة فى الكون مقسوما على احتمالات تلك الحياة، التى ما إن تبدأ فإنها تطور ذكاءا كافيا للتأمل فى نشأتها هى نفسها.

وقد يبدو من الغريب بعض الشئ أن يكون «الذكاء الكافى للتأمل فى نشأتها»، متغيرا له صلة وثيقة بالموضوع. وحتى نفهم سبب كونه كذلك، هيا ننظر فى فرض بديل. هب أن نشأة الحياة هى حدث جد محتمل، ولكن مايليه من تطور الذكاء أمر يكون على أقصى درجة من قلة الاحتمال، ويتطلب ضربة خط هائلة. وافرض أن نشأة الذكاء أمر يبلغ من قلة احتماله أنه حدث فحسب فوق كوكب واحد فى الكون، رغم أن الحياة قد

بدأت على كواكب كثيرة. وإذن، فحيث أننا نعرف أننا بالذكاء الكافى لمناقشة هذه المسألة، فإننا نعرف أن الأرض يجب أن تكون هذا الكوكب الواحد. والآن هب أن نشأة الحياة «و» نشأة الذكاء بفرض أن الحياة موجودة، «كلاهما» حدث قليل الاحتمال بدرجة كبيرة. وإذن فإن احتمال أن كوكبا واحدا كالأرض يتمتع بكلتى ضربتى الحظ يكون «حاصل ضرب» الاحتمالين الضئيلين، فيكون هذا الاحتمال بقدر أضأل جدا.

والأمر وكأنه يُسمح لنا فى نظريتنا عن كيفية ظهورنا للوجود بأن نفترض حصة معينة من الحظ. ولهذه الحصة حدها الأقصى فى عدد الكواكب ذات الجدارة فى الكون. وإذا أُعطينا حصتنا من الحظ فإنه يمكننا إذن «إنفاقها»، وهى السلعة المحدودة، على طريق تفسيرنا لوجودنا. فلو استخدمنا مايكاد يكون كل حصتنا من الحظ على نظريتنا عن كيفية بدء الحياة على أحد الكواكب فى المقام الأول، فلن يُسمح لنا إلا بفرض قدر ضئيل جدا من المزيد من الحظ على الأجزاء التالية من نظريتنا، كما مثلا على التطور التراكمى للمخ والذكاء. وإذا لم نستهلك كل حصتنا من الحظ فى نظريتنا عن نشأة الحياة، فإنه سيتبقى لنا بعض منه لإنفاقه على نظرياتنا عما يتلو من تطور، بعد أن يتخذ الانتخاب التراكمى طريقه. وإذا أردنا أن نستخدم معظم حصتنا من الحظ فى نظريتنا عن نشأة الذكاء، فإذن، لن يتبقى لنا الكثير لإنفاقه على نظريتنا عن نشأة الحياة: ولابد أن نأتى بنظرية تجعل نشأة الحياة تكاد تكون أمرا محتوما. وبديل ذلك، إذا كنا لانحتاج كل حصة حظنا لهاتين المرحلتين من نظريتنا، فإننا نستطيع بالفعل، أن نستخدم الفائض لغرض وجود حياة فى مكان آخر من الكون.

وإحساسى الشخصى، هو أنه ماإن يبدأ الانتخاب التراكمى التحرك فى طريقة على النحو الصحيح، فإننا نحتاج إلى افتراض قدر صغير نسبيا من الحظ لما يلى ذلك من تطور الحياة والذكاء. ويبدو لى أن الانتخاب التراكمى ما إن يبدأ فإنه يكون من القوة بما يكفى لجعل تطور الذكاء أمرا محتملا، إن لم يكن محتوما. وهذا يعنى أننا نستطيع، إذا شئنا، أن ننفق بالفعل كل حصتنا من الحظ الممكن افتراضه فى ضربة واحدة كبيرة، على نظريتنا عن أصل الحياة على أحد الكواكب. وإذن فإن مالدينا تحت تصرفنا، إذا شئنا استخدامه، هو احتمالات من ١ فى مائة بليون بليون كحد أعلى (أو واحد فى أى عدد من

الكواكب المتاحة التى نعتقد أنها موجودة) ننفقها على نظريتنا عن أصل الحياة. وهذا هو الحد الأقصى لكمية الحظ المسموح لنا بافتراضها فى نظريتنا. هب أننا نريد أن نفترض مثلا أن الحياة بدأت عندما تصادف تلقائيا أن ظهر للوجود كل من **د ن أ** هو ونظام ماكيناته الناسخة المؤسس على البروتين، إننا نستطيع أن نسمح لأنفسنا بترف مثل هذه النظرية الباذخة، بشرط أن تكون الاحتمالات ضد أن يحدث هذا الاتفاق على أحد الكواكب تتعدى ١٠٠ بليون بليون مقابل الواحد.

وقد يبدو هـذا القدر المسموح به كبيرا. وقد يكون فيه متسع لاحتواء النشأة العفوية لـ **د ن أ** أو **ر ن أ**. ولكنه لايقترب أدنى اقتراب لما يكفى لأن يمكننا من أن نستغنى كلية عن الانتخاب التراكمى. والاحتمالات ضد أن يتم فى ضربة حظ واحدة ـ الانتخاب بخطوة واحدة ـ تجميع جسد مصمم جيدا يطير ببراعة مثل السمامة، أو يسبح ببراعة مثل الدرفيل، أو يرى بحدة الصقر، لهى بقدر أعظم إلى حد الإذهال من عدد الذرات فى الكون، دع عنك عدد الكواكب! لا، من المؤكد أننا سنحتاج فى تفسيرنا للحياة إلى مقدار هائل من الانتخاب التراكمى.

ورغم أننا مؤهلين فى نظريتنا عن نشأة الحياة لأن ننفق حصة حظ بما تصل فى أقصاها إلى احتمالات من ١٠٠ بليون بليون ضد الواحد، فإن إحساسى الداخلى هو أننا لن نحتاج إلى استخدام مايزيد عن جزء صغير من هذه الحصة. إن نشأة الحياة على أحد الكواكب يمكن أن تكون حدثا قليل الاحتمال جدا بمقاييس حياتنا اليومية، أو حتى بمقاييس المعمل الكيماوى، ولكنها تظل محتملة بما يكفى لأن تقع، ليس مرة واحدة، بل مرات عديدة فى الكون كله. ويمكننا أن ننظر إلى المحاجة الاحصائية بشأن عدد الكواكب على أنها محاجة الملاذ الأخير. وسأبين فى آخر الفصل وجه المفارقة فى أن النظرية التى نبحث عنها ربما «يلزم لها» فعلا أن تبدو قليلة الاحتمال، أو حتى معجزة بالنسبة لتقديرنا الذاتى (بسبب الطريقة التى صنع بها تقديرنا الذاتى). ومع كل، فمازال من المعقول لنا أن نبدأ بالبحث عن نظرية لأصل الحياة تكون على أدنى درجة من قلة الإحتمال. وإذا كانت نظرية النشأة التلقائية لـ **د ن أ** هو ونظام ماكيناته الناسخة هى نظرية من قلة الاحتمال بحيث تلزمنا بافتراض أن الحياة نادرة جدا فى الكون، وقد تكون حتى

مقصوره على الأرض، فإن أول ملاذ لنا هو محاولة العثور على نظرية أكثر احتمالا. وإذن، فهل يمكن لنا أن نصل لأى تخمينات عن الطرق «المحتملة» نسبيا التى قد يبدأ بها الانتخاب التراكمى حركته؟

إن كلمة «تخمين» لها أصداء من الانتقاص، ولكنها أصداء لاتُستدعى هنا بالمرة. فنحن لانستطيع أن نأمل فى شئ أكثر من التخمين عندما تكون الأحداث التى نتكلم عنها قد وقعت منذ ما يقرب من أربعة بلايين عاما، ووقعت فوق ذلك فى عالم كان ولابد يختلف جذريا عن ذلك الذى نعرفه الآن. ومثلا، فمن شبه المؤكد أنه لم يكن ثمة أوكسجين حر فى الجو. ورغم أن كيمياء العالم ربما قد تغيرت، فإن «قوانين» الكيمياء لم تتغير (وهذا هو السبب فى أنها تسمى قوانين). والكيميائيون المحدثون يعرفون عن هذه القوانين ما يكفى للقيام ببعض تخمينات على ضوء جيد من المعلومات، تخمينات يجب أن تجتاز اختبارات صارمة من المعقولية تفرضها القوانين. إنك لاتستطيع وحسب أن تخمن فى جموح وبلا مسئولية، سامحا لخيالك أن يثير الشغب بالأسلوب غير المرضى لروايات الفضاء حيث فيها لكل داء دواء مثل «الدوافع الفائقة»، و«سدادة الزمن» و«دوافع الاحتمالات اللانهائية». ومن بين كل التخمينات المحتملة عن نشأة الحياة، نجد أن معظمها خارج عن قوانين الكيمياء ويمكن اعتبارها غير واردة، حتى لو استخدمنا استخداما كاملا محاجتنا الاحصائية السابقة عن أعداد الكواكب. فالتخمين الانتخابى الحريص هو إذن تطبيق بناء. ولكنك يجب أن تكون كيميائيا حتى تقوم به.

وأنا بيولوجى ولست كيميائيا، ويجب أن أعتمد على الكيميائيين حتى أفهم جماع آرائهم فهما صحيحا. إن الكيميائيين المختلفين يفضلون نظريات أثيرة مختلفة، وليس من نقص فى عدد النظريات، وفى وسعى أن أحاول عرض كل هذه النظريات أمامك دون تحيز. على أن هذا هو الشئ الذى يصح فعله فى مرجع للطلبة. وليس هذا مرجعا للطلبة. إن الفكرة الأساسية فى صانع الساعات الأعمى هى أننا هنا مشغولون «بنوع» الحل الذى يجب أن نجده، بسبب نوع المشكلة التى نواجهها، وأعتقد أن أفضل تفسير لذلك، لايكون بالنظر فى الكثير من النظريات بذاتها، وإنما بالنظر فى نظرية «واحدة» كمثل «لإمكان» حل المشكلة الأساسية ـ كيف اتخذ الانتخاب التراكمى بدايته.

والآن، أى نظرية اختارها كمينتى الممثلة؟ إن معظم المراجع تعطى أثقل الوزن لعائلة النظريات المؤسسة على «حساء أولى» عضوى. ويبدو من المحتمل أن جو الأرض قبل وصول الحياة كان مشابها للجو فى الكواكب الأخرى التى مازالت بلا حياة. فم يكن هناك أوكسيجين، وكان هناك الكثير من الهيدروجين، والماء، وثانى أكسيد الكربون، من المحتمل جدا وجود بعض النشادر والميثين والغازات العضوية البسيطة الأخرى. ويعرف الكيميائيون أن الأجواء الخالية من الأوكسجين هكذا تتجه إلى تعزيز التركيب التلقائى للمركبات العضوية. وهم قد صمموا فى القوارير إعادة تكوين الظروف التى على الأرض القديمة، بصورة مصغرة. ومرروا خلال القوارير شرارات كهربية تشبه البرق، والضوء فوق البنفسجى، مما كان أقوى كثيرا قبل أن تحوز الأرض طبقة أوزون تحميها من أشعة الشمس. وقد كانت نتائج هذه التجارب مثيرة. فقد تجمع تلقائيا فى هذه القوارير جزيئات عضوية، بعضها من نفس الأنواع العامة التى لاتوجد طبيعيا إلا فى الأشياء الحية. ولم يظهر د ن أ ولا ر ن أ، وإنما ظهرت وحدات بناء هذه الجزيئات الكبيرة، التى تسمى البيورينات والبيريميدنيات Purines and Pyrimidines وكذلك ظهرت وحدات بناء البروتينات، أى الأحماض الأمينية. والحلقة المفقودة فى هذا الصنف من النظريات مازالت هى نشأة التناسخ. فوحدات البناء لم تنضم معا لتشكيل سلسلة تنسخ ذاتها مثل ر ن أ، ولعلها ستفعل ذلك يوما ما.

ولكن على أى حال، فإن نظرية الحساء العضوى الأولى ليست هى النظرية التى اخترتها لتوضيحى لنوع الحل الذى يجب أن نبحث عنه. لقد اخترتها بالفعل فى كتابى الأولى «الجين الأنانى»، ولهذا فكرت أن أطلق هنا طائرة ورقية تحلق وهى تحمل نظرية أقل ذيوعا إلى حد ما (وإن كانت قد بدأت تكسب أرضا مؤخرا) يبدو لى أن لها على الأقل فرصة سانحة لأن تكون صحيحة. وهى نظرية فيها من الجرأة ما يجذب، وهى توضح بالفعل إيضاحا جيدا الخواص التى يجب أن تكون لأى نظرية مرضية عن نشأة الحياة. وهذه هى نظرية «المعدنيات غير العضوية» لكيميائى جلاسجو جراهام كيرنز سميث، والتى عرضت أول مرة منذ عشرين عاما ثم نميت وصقلت منذ ذلك الوقت فى ثلاثة كتب، آخرها «المفاتيح السبعة لأصل الحياة» وهو يتناول أصل الحياة كلغز يحتاج لحل من نوع حلول شرلوك هولمز.

ووجهة نظر كيرنز سميث عن نظام ماكينات **د ن أ** / البروتين هى أنه ربما أتى إلى الوجود منذ زمن حديث نسبيا، لعله يكون حديثا بما يرجع إلى ثلاثة بلايين من الأعوام. وقبل ذلك كان ثمة أجيال كثيرة من الانتخاب التراكمى، تتأسس على كيانات ناسخة من نوع مختلف تماما. وما إن يظهر **د ن أ**، فإنه يثبت أنه كناسخ أكفأ كثيرا، وأقوى كثيرا فى تأثيراته على تناسخه هو ذاته، بحيث أن نظام النسخ الأصلى الذى أنتجه يتم إهماله ونسيانه. ونظام ماكينات **د ن أ** الحديث، حسب هذه النظرية، هو وافد متأخر، ومغتصب حديث لدور الناسخ الرئيسى، قد استولى على هذا الدور من الناسخ الأقدم الأكثر بدائية. بل ولعله كان ثمة سلسلة بأكملها من عمليات الاغتصاب هذه، على أن عملية التناسخ الأصلية لابد وأنها كانت من البساطة بما يكفى لأن تظهر خلال ما دعوته «الانتخاب بخطوة واحدة».

والكيميائيون يقسمون موضوعهم إلى فرعين رئيسيين، الكيمياء العضوية وغير العضوية. والكيمياء العضوية هى كيمياء عنصر واحد معين، هو الكربون. والكيمياء غير العضوية هى كل الباقى بعد ذلك. والكربون مهم ويستحق أن يكون له فرعه الخاص من الكيمياء، والسبب هو فى جزء منه أن كيمياء الحياة هى كلها كيمياء كربون، وهو فى جزء آخر، أن نفس الخواص التى تجعل كيمياء الكربون ملائمة للحياة تجعلها أيضا ملائمة للعمليات الصناعية، كعمليات صناعة المواد البلاستيكية. والخاصية الجوهرية لذرات الكربون التى تجعلها ملائمة للحياة وللتخليقات الصناعية، هى أنها تنضم معا لتشكل ذخيرة لاحدود لها من أنواع مختلفة من الجزيئات الكبيرة جدا. وثمة عنصر آخر فيه بعض من نفس هذه الخواص وهو السيليكون. ورغم أن كيمياء الحياة الحديثة المرتبطة بالأرض هى كلها كيمياء كربون، فإن هذا قد لايصدق على الكون كله، كما أنه ربما لم يكن مما يصدق دائما على الأرض. ويعتقد كيرنز سميث أن الحياة الأصلية على هذا الكوكب قد تأسست على بلورات غير عضوية تنسخ ذاتها، مثل السيليكات. وإذا كان هذا حقا، فإن الناسخات العضوية، وفى النهاية **د ن أ**، لابد وأنها قد تغلبت بعد ذلك واغتصبت هذا الدور.

وهو يعطى بعض حجج على المعقولية العامة لفكرته هذه عن «الاستيلاء». إن عقدا من الحجارة مثلا، لهو بنية راسخة لها القدرة على البقاء لسنين كثيرة حتى لو لم يكن ثمة

أسمنت يلحمه. وبناء بنية مركّبة بالتطور هو مثل محاولة بناء عقد بلا ملاط بينما ما يسمح لك به هو أن تتناول فقط قطعة حجر واحدة فى كل مرة. ولو فكرت فى هذه المهمة تفكيرا ساذجا ستجد أنها مما لا يمكن أداءه. إن العقد سوف ينتصب ما إن يوضع الحجر الأخير فى مكانه، ولكن المراحل المتوسطة لن تكون راسخة. على أنه سيكون من السهل بناء العقد لو سمح لك بأن تزيل قطع الحجارة مثلما يسمح لك بإضافتها. هيا ابدأ بناء كوم متين من قطع الحجارة، ثم لتبنى العقد ليرسو من فوق هذا الأساس المتين. ثم عندما يصبح العقد كله فى وضعه، بما فيه حجر القمة الحيوى للعقد، قم بحرص بإزالة الحجارة الداعمة، وبقدر يسير من الحظ سيظل العقد قائما. وتداخل الحجر هو مما لايقبله الفهم إلا إذا تحققنا من أن البنائين قد استخدموا نوعا من السقالات، أو ربما بعض مرتقيات من الأرض، «لم تعد بعد باقية هناك». فنحن لانستطيع أن نرى إلا المنتج النهائى، وعلينا أن نستنتج وجود السقالات المختفية. وبالمثل فإن د ن أ والبروتين هما عمودان لعقد راسخ رائع، يظل باقيا ما إن توجد كل أجزائه متواكبة. ومن الصعب تصور أنه ينشأ بأى عملية من خطوة وخطوة إلا إذا كان ثمة سقالات سابقة قد اختفت تماما. وهذه السقالات نفسها يجب أن تكون قد بنيت بواسطة شكل أقدم من الانتخاب التراكمى، لايمكننا أن نعرف طبيعته إلا بالتخمين. ولكنه ولابد قد تأسس على كيانات ناسخة لها سلطان على مستقبلها هى ذاتها.

وتخمين كيرنز ـ سيمث هو أن الناسخات الأصلية كانت بلورات من مواد غير عضوية، مثل تلك التى توجد فى أنواع الطفل والطين. والبلورة هى مجرد نظام كبير لترتيب الذرات أو الجزيئات فى الحالة الصلبة. والذرات والجزيئات الصغيرة بسبب خواص لها يمكننا تصورها على أنها «شكلها»، تتجه طبيعيا إلى التراص معا بطريقة ثابتة منظمة. والأمر يبدو كما لو كانت «تريد» أن تتداخل معا على نحو خاص، ولكن هذا التوهم هو مجرد نتيجة غير متعمدة لخواصها. والطريقة «المفضلة» عندها للتداخل معا تشكل البلورة كلها. وهذا يعنى أيضا، أنه حتى فى البلورة الكبيرة من مثل الماسة، فإن أى جزء من البلورة يكون مماثلا «بالضبط» لأى جزء آخر، إلا حيثما تقع أوجه خطأ. ولو أمكننا أن نكمش

أنفسنا إلى المستوى الذرى، فسوف نتمكن من رؤية ما يكاد يكون صفوفا لانهاية لها من الذرات تمتد إلى الأفق فى خطوط مستقيمة ـ أروقة من التكرار الهندسى.

ولما كان التناسخ هو مايهمنا، فإن أول شئ يجب أن نعرفه هو هل تستطيع البلورات أن تنسخ بنيتها؟ إن البلورات تتكوّن من عشرات الآلاف من طبقات الذرات (أو مايرادف ذلك)، وكل طبقة تنبنى فوق طبقة من أسفلها. فالذرات (أو الأيونات، ولاحاجة لأن ننشغل بالفارق بينهما) وهى فى محلول تسبح حرة فيما حولها، ولكن لو حدث أن التقت ببللورة فإن فيها نزعة طبيعية لأن تشق طريقها إلى داخل موضع على سطح البلورة. ومحلول ملح الطعام يحوى أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريدات وهى ترتطم فيما حولها بأسلوب فوضوى بدرجة أو أخرى. وبلورة ملح الطعام هى نظام مرتب من أيونات صوديوم مرصوصة فى تبادل مع أيونات الكلوريدات بحيث تكون إحداها عمودية على الأخرى. وعندما يحدث أن تصطدم أيونات سابحة فى الماء بالسطح الصلب للبلورة، فإنها تتجه للالتصاق به. وهى تلتصق فى الأماكن الصحيحة بالضبط لتحدث طبقة جديدة تضاف إلى البلورة تماما مثل الطبقة التى من تحتها. وهكذا ما إن تنشأ البلورة حتى تنمو، وتكون كل طبقة مماثلة للطبقة التى من تحتها.

وأحيانا يبدأ تكوّن البلورة فى المحلول تلقائيا، وفى أحيان أخرى يكون من اللازم «وضع بذرة» لها، إما بجسيمات من التراب أو بإسقاط بلورات صغيرة من مكان آخر. وكيرنز ـ سميث يدعونا إلى إجراء التجربة التالية. أذب كمية كبيرة من ملح تثبيت الصور «هيبو» فى ماء ساخن جدا. ثم اترك المحلول ليبرد، مع الحرص على ألا تسمح بوقوع أى تراب فيه. إن المحلول الآن هو «فوق مشبع»، هو مهيؤ ومترقب لصنع البلورات، ولكنه ليس فيه البلورة البذرة التى تبدأ تحريك العملية. وسوف أستشهد بما فى كتاب كيرنز ـ سيمث «المفاتيح السبعة» لأصل الحياة»:

«إرفع الغطاء بحرص عن الكأس، وأسقط قطعة دقيقة من بلورات «الهيبو» على سطح المحلول، وترقب لتنبهر بما سيحدث. إن بلورتك تنمو عيانا: وهى تتكسر من آن لآخر لتنمو الأجزاء أيضا .. وسرعان مايزدحم كأسك ببلورات يبلغ طولها بضع سنتيمترات.

وبعد دقائق معدودة يتوقف كل شئ. لقد فقد المحلول السحرى قوته ـ على أنك لو أردت رؤية عرض آخر فما عليك إلا أن تعيد تسخين وتبريد الكأس .. وأن يكون المحلول فوق مشبع معناه أنه يذوب فيه أكثر مما ينبغى ذوبانه .. والمحلول فوق المشبع البارد هو حرفيا يكاد لايعرف ما يفعله. وينبغى أن «يخبر» عن ذلك بأن تضاف إليه قطعة بلورة لها وحداتها من قبل (بلايين وبلايين من الوحدات) التى تتراص معا بالطريقة الخاصة ببلورات «الهيبو». فلابد من إلقاء بذرة فى المحلول».

وبعض المواد الكيميائية لها إمكانات التبلور بطريقتين متبادلتين. فالجرافيت والماس مثلا كلاهما بلورات من الكربون النقى. وذراتهما متماثلة، ولاتختلف المادتان إحداهما عن الأخرى إلا فى النمط الهندسى الذى تتراص به ذرات الكربون. فذرات الكربون فى الماس متراصة بنمط ذى أسطح رباعية Tetrahedral وهو نمط متين جدا. وهذا هو السبب فى أن الماسات جد صلبة. أما فى الجرافيت، فإن ذرات الكربون تنتظم فى مسدسات مسطحة تقع فى طبقات الواحدة فوق الأخرى. والربط بين الطبقات ضعيف، وهى لذلك تنزلق فوق بعضها، وهذا هو السبب فى الإحساس بزلاقة الجرافيت واستخدامه كمادة تشحيم. ولسوء الحظ فإنك لاتستطيع بلورة الماسات من محلول بأن تبذرها فيه، كما تستطيع ذلك في حالة الهيبو. ولو استطعت، ستصبح غنيا، لا ، فبمعاودة التفكير لن تكون غنيا، لأن أى مغفل سيتمكن من أن يفعل نفس الشئ.

والآن هب أن لدينا محلول فوق مشبع من مادة ماتشبه الهيبو فى أنها تتلهف على التبلور من المحلول، وتشبه الكربون فى قدرتها على التبلور فى أى من طريقتين. وإحداهما قد تكون مشابهة بعض الشئ للجرافيت، حيث تنتظم الذرات فى طبقات، تؤدى إلى بلورات صغيرة مسطحة، بينما الطريقة الأخرى تعطى بلورات مكتنزة شكلها كالماس. والآن ها نحن نُسقط فى المحلول فوق المشبع فى نفس الوقت معا بلورة دقيقة مسطحة وبلورة دقيقة مكتنزة. سيكون فى وسعنا أن نصف ماسيحدث بتوسيع وصف كيرنز ـ سميث لتجربته عن الهيبو. ولترقب لتنبهر بما يحدث. إن بلورتيك تنموان عيانا: وهما تتكسران من آن لآخر لتنمو الأجزاء أيضا. والبلورات المسطحة تنشأ عنها عشيرة من

البلورات المسطحة. والبلورات المكتنزة تنشأ عنها عشيرة من البلورات المكتنزة. وإذا كان هناك أى نزعة لأن ينمو أحد نوعى البلورات وينقسم بأسرع من الآخر، فسوف نرى نوعا بسيطا من الانتخاب الطبيعى. ولكن العملية مازال ينقصها أحد المقومات الحيوية حتى ينشأ عنها تغير تطورى. وهذا المقوم هو التباين الوراثى، أو شئ ما مرادف له. وبدلا من أن يكون هناك نوعان فقط من البلورات، يجب أن يكون هناك مدى بأسره من متباينات صغرى تشكل سلالات تتشابه فى الشكل، و«تطفر» أحيانا لتنتج أشكالا جديدة. هل لدى البلورات الواقعية شئ مايقابل الطفر الوراثى؟

إن أنواع الطفل والطين والصخور تُصنع من بلورات دقيقة. وهى وافرة فى الأرض ولعلها كانت دائما هكذا. وعندما تنظر إلى سطح بعض أنواع الطفل والمعدنيات الأخرى بميكروسكوب الكترونى ماسح، سترى منظرا رائعا جميلا. فالبلورات تنمو كصفوف من الزهور أو الصبار، حدائق من بتلات ورود غير عضوية، لوالب دقيقة تشبه مقطعا أفقيا فى نباتات ريانة، أنابيب أرغن كثيفة، أشكال معقدة ذات زوايا تنثنى كما لو كانت نمنمة بلورات من أوراق الزينة، تناميات ملتفة كقوالب دودية أو نواتج لضغط معجون أسنان. بل إن الأنماط المنتظمة تصبح أكثر إبهارا فى مستويات التكبير الأعظم. ففى المستويات التى تكشف الوضع الفعلى للذرات، سيُرى سطح البلورة وفيه كل انتظام قطعة من صوف التويد المنسوج آليا. ولكن ـ وهنا تكون النقطة الحيوية ـ ثمة تصدعات من خطأ. ففى المنتصف تماما من امتداد من النسيج المنتظم يمكن أن يكون ثمة رقعة، تماثل الباقى سوى أنها تنعطف ملتفة بزاوية مختلفة، بحيث يتجه «النسج» بعيدا إلى جهة أخرى. أو أن النسج قد يقع فى نفس الاتجاه، ولكن كل صف «ينزلق» جانبا بما قدره نصف الصف. وتكاد كل البلورات التى تحدث طبيعيا أن يكون فيها صدوع خطأ. وما إن يظهر الصدع الخطأ فإنه ينزع إلى أن ينسخ عندما تترسب من فوقه الطبقات التالية للبلورة.

والتصدعات الخطأ قد تحدث فى أى مكان على سطح البلورة. ولو أحببت أن تتصور قدرة لتخزين المعلومات هنا (وإنى لأحب ذلك)، فيمكنك أن تتخيل العدد الهائل للأنماط المختلفة من الصدع الخطأ التى يمكن خلقها على سطح البلورة. وكل تلك الحسابات

عن تعبئة العهد الجديد من داخل د ن أ لخلية وحيدة من البكتريا يمكن القيام بها بالنسبة لأى بلورة تقريبا، فتحدث نفس القدر من الانطباع القوى. أما ما هو زائد فى د ن أ عما فى البلورات الطبيعية فهو الوسيلة التى يمكن بها قراءة معلوماته. ولو تركنا جانبا مشكلة استخراج القراءة، فإن يمكنك بسهولة أن تبتكر شفرة تعسفية حيث التصدعات الخطأ فى التركيب الذرى للبلورة ترمز إلى أرقام ثنائية. ويمكنك بعدها أن تعبأ عدة نسخ من العهد الجديد فى بلورة معدنية فى حجم رأس الدبوس. وعلى المستوى الأكبر، فإن هذا فى الجوهر هو الأسلوب الذى تخزن به المعلومات الموسيقية على سطح اسطوانة الليزر («المضغوطة»). فالنغمات الموسيقية تتحول بواسطة الكمبيوتر إلى أرقام ثنائية. ويستخدم الليزر لحفر نمط من شقوق دقيقة على سطح الأسطوانة الذى يكون فيما عدا ذلك ناعما كالزجاج. وكل ثقب صغير يتم حفره يقابل «١» واحدا مزدوجا (أو صفرا)، وهذه تسميات تعسفية). وعندما تُشغَل الأسطوانة، فإن شعاعا آخرا من الليزر «يقرأ» نمط الشقوق، ويقوم كمبيوتر معد على وجه الخصوص ومبنى داخل آلة تشغيل الأسطوانة بتحويل الأرقام الثنائية ثانيا إلى ذبذبات صوتية، يتم تكبيرها بحيث تستطيع سماعها.

ورغم أن أسطوانات الليزر تستخدم اليوم أساسا للموسيقى، فإنك تستطيع تعبئة كل «الموسوعة البريطانية» على واحدة منها، وتستخرج قراءتها باستخدام نفس تكنيك الليزر. والتصدعات التى فى البلورات على المستوى الذرى أصغر كثيرا من النقر التى تحفر فى سطح أسطوانة الليزر، وهكذا فإن البلورات تستطيع إمكاناً تعبئة معلومات أكثر فى مساحة بعينها. والحقيقة أن جزيئات د ن أ التى سبق أن بهرتنا قدرتها على اختزان المعلومات، هى شئ قريب من البلورات نفسها. ورغم أن بلورات الطَّفل تستطيع نظريا اختزان نفس الكميات الهائلة من المعلومات مثلما يستطيع د ن أ أو اسطوانات الليزر، فإن أحدا لايقترح أنها قد فعلت ذلك قط. فدور الطفل والبلورات المعدنية الأخرى فى النظرية هو أن يعمل بمثابة الناسخات الأصلية «ذات التكنولوجيا المنحطة»، تلك التى احتل مكانها فى النهاية د ن أ ذو التكنولوجيا العالية. وهى تتكون تلقائيا فى مياه كوكبنا بدون «نظام الماكينات» المتقن الذى يحتاجه د ن أ، وهى تُنشئ تلقائيا التصدعات الخطأ التى يمكن لبعضها أن تُنسخ فى الطبقات التالية من البلورة. وبعدها فلو انفصلت بعيدا عن البلورة ذات

التصدعات الخطأ المناسبة بعض الشظايا، فإنه يمكننا أن نتخيل أنها تقوم بدور «البذور» لبلورات جديدة، كل منها «يرث» نمط «والده» من التصدعات الخطأ.

وهكذا فإن لدينا صورة بالتخمين عن البلورات المعدنية على الأرض البدائية تبين بعض خواص من التناسخ، والتكاثر، والوراثة، والطفر مما ينبغي أن يكون ضروريا ليبدأ عمل شكل من الانتخاب التراكمي. ومازال ثمة مقوم مفتقد هو «السلطة»: فيجب أن تؤثر طبيعة الناسخات على نحو ما في احتمال كونها ذاتها يتم نسخها. وعندما كنا نتحدث عن الناسخات تجريديا، رأينا أن «السلطة» قد تكون ببساطة خواص مباشرة للناسخة ذاتها، خواص جبلية مثل «اللزوجة». وعلى هذا المستوى الأوّلي، فإن إسم «السلطة» يبدو مما يصعب تبريره. وإنما استخدمه هنا فقط بسبب مايمكن أن يكونه في الأطوار اللاحقة من التطور: كسلطة ناب الثعبان مثلا في أن ينشر (بواسطة نتائجه غير المباشرة على بقاء الثعبان) د ن أ الذى فيه شفرة للأنياب. وسواء كانت الناسخات الأصلية ذات التكنولوجيا المنحطة هي البلورات المعدنية أو هي الأسلاف العضوية المباشرة لـ د ن أ نفسه، فإننا يمكننا أن نخمن أن «السلطة» التى مارستها كانت مباشرة وأولية، مثل اللزوجة. ووسائل السلطة المتقدمة، مثل ناب الثعبان أو زهرة للأروكيد إنما أتت بعد ذلك بكثير.

ماذا يمكن أن تعنى «السلطة» بالنسبة للطَّفل. ماهى خواص الطفل العارضة التى يمكن أن تؤثر فى احتمال أن يُنشر نفس النوع من الطفل فيما حوله من أرض خلاء؟ إن الطفل يتكون من وحدات بناء كيميائية مثل حمض السلسيك والأيونات المعدنية، التى تكون فى هيئة محلول فى الأنهار والجداول، وقد أذيبت ـ «بفعل العوامل الجوية» ـ من الصخور الأبعد فى أعلى اتجاه التيار. وعندما تكون الظروف ملائمة فإنها تتبلور من المحلول ثانية أسفل اتجاه التيار مكونة الطفل. (والواقع أن «التيار» فى هذه الحالة يعنى فيما يُحتمل تسرب ماء القاع وتقطره أكثر مما يعنى النهر المفتوح المندفع. ولكنى من باب التبسيط سأواصل استخدام كلمة التيار العامة.) والسماح أو عدم السماح ببناء نوع معين من بلورات الطفل يعتمد بين أشياء أخرى على سرعة ونمط انسياب التيار. على أن ترسيبات الطفل تستطيع أيضا «التأثير» فى انسياب التيار. وهى تفعل ذلك عن غير عمد بأن تغير مستوى وشكل وبنية الأرض التى ينساب الماء من خلالها. ولتنظر أمر نوع متباين من

الطفل قد اتفق وحسب أن كان له خاصية إعادة تشكيل بنية التربة بحيث تزداد سرعة التيار. ستكون النتيجة أن الطفل المعنى سينجرف ثانية بعيدا. وهذا النوع من الطفل هو، بالتعريف، ليس «ناجحا» جد. وثمة نوع آخر من الطفل غير الناجح هو ذلك الذى يغير التيار بطريقة فيها مايحبذ متباينا منافسا من الطفل.

وبالطبع فنحن لانقترح أن الطفل «يريد» أن يواصل البقاء. إننا دائما نتحدث فقط عن نتائج عارضة، أحداث تنجم عن خواص يتفق فحسب أن الناسخة تملكها. ولننظر بعد أمر متباين آخر من الطفل. وهذا المتباين يتفق أنه يسبب إبطاء التيار بطريقة تعزز فى المستقبل من ترسيب النوع «ذاته» من الطفل. من الواضح أن هذا المتباين الثانى سوف ينزع لأن يصبح منتشرا، لأنه فيما يتفق يعالج التيارات بما فيه «فائدته» هو نفسه. وسيكون هذا متباينا «ناجحا» من الطفل. ولكننا حتى الآن نتناول فحسب الانتخاب بالخطوة الواحدة. هل يمكن أن ينشأ شكل من الانتخاب التراكمى؟

هيا نتأمل لأبعد قليلا، هب أن نوعا متباينا من الطفل يحسّن من فرص ترسبه هو نفسه، بأن يسد الجداول. وهذه نتيجة غير متعمدة لعيب معين فى بنية الطفل. وأى جدول يتواجد فيه هذا النوع من الطفل، ستتكون فيه برك كبيرة ضحلة راكدة أعلى السدود، ويتحول التيار الرئيسى للماء إلى مجرى جديد. وفى هذه البرك الراكدة، يترسب المزيد من النوع نفسه من الطفل. وينتشر تتابع من هذه البرك الضحلةبطول أى جدول يتفق أن «يُعدَى» ببذر بلورات هذا النوع من الطفل. والآن فإنه بسبب تحويل التيار الرئيسى للجدول، فإن البرك الضحلة تنزع أثناء موسم الجفاف إلى أن تجف. ويجف الطفل ويتشقق فى الشمس، وتذرو الرياح الطبقات العليا فى تراب. وكل ذرة تراب ترث عيب البنية المميز للطّفل الوالد الذى أحدث السدود، البنية التى أضفت عليه خواصه السدّية. وبالتمثيل مع المعلومات الوراثية التى كانت تمطر على القناة من شجرتى للصفصاف، يمكننا القول بأن التراب يحمل «تعلميات» بطريقة سد الجداول، وفى النهاية فإنه يصنع المزيد من التراب. وينتشر التراب بالريح انتشارا واسعا بعيدا، وتكون ثمة فرصة طيبة لأن يتفق أن تحط بعض ذرات الترلب فى جدول آخر، هو حتى الآن لم يكن قد «أُعدى» ببذور من هذا النوع من الطفل صانع السدود. وما إن تتم العدوى بالنوع المناسب من

التراب، حتى يبدأ جدول جديد فى تنمية بلورات الطفل صانع السدود، وتبدأ ثانية دورة الترسيب وتكوين السد، والجفاف والتآكل.

ولو سمينا هذه دورة «حياة» لكنا ندعى صحة فرض هام بلا دليل، ولكنها دورة من نوع ما، وهى تشارك دورات الحياة الحقيقية فى قدرتها على أن تؤدى لبدء الانتخاب التراكمى. وحيث أن الجداول تُعدَى «ببذور» تراب من جداول أخرى، فإننا نستطيع تنظيم الجداول فى مراتب من «سلف» و «خلف». والطَّفل الذى يبنى سدودا لبرك فى الجدول ب قد وصل هناك على شكل بلورات تراب نفختها الريح من الجدول أ. وفى النهاية فإن البرك فى الجدول ب ستجف وتصنع ترابا، سوف يعدى جدولى هـ، و ك. ويمكننا تنظيم الجداول فى «أشجار عائلات» حسب مصدر طفلها الصانع للسدود. فكل جدول أصابته العدوى له جدول «والد»، وقد يكون له أكثر من جدول «إبن». وكل جدول يماثل جسدا، يتأثر «نموه» «بجينات» بذور التراب، جسد يفرخ فى النهاية بذور تراب جديدة. وكل «جيل» فى الدورة يبدأ عندما تنفصل بذور البلورات بعيدا عن الجدول الأب فى شكل تراب. والبنية البلورية لكل ذرة تراب منسوخة من الطفل فى الجدول الأب. وهى تمرر هذه البنية البلورية للجدول الإبن، حيث تنمو وتتكاثر وفى النهاية ترسل «البذور ثانية للخارج.

والبنية البلورية السلف تظل محفوظة على مر الأجيال إلا إذا حدث خطأ عارض فى نمو البلورة، تغيير عارض فى نمط ترسب الذرات. وستنسخ الطبقات التالية فى البلورة نفسها، الخطأ نفسه، وإذا انشطرت البلورة إلى اثنتين فإنها ستؤدى إلى نشأة مجموعة فرعية من بلورات معدلة. والآن، فإذا كان التعديل يجعل البلورات أقل أو أكثر كفاءة فى دورة صنع السد / الجفاف / التآكل، فإن هذا سوف يؤثر فى عدد النسخ التى تكون لها فى «الأجيال» التالية. فالبلورات المعدلة قد تكون مثلا أكثر عرضة للانشطار («التكاثر»). والطَفل المتكون من البلورات المعدلة قد يكون له قدرة أكبر على بناء السدود فى أى من أساليب تفصيلية متباينة. فلعله يتشقق بسهولة أكبر بقدر بعينه من الشمس. وهو قد يتفتت إلى تراب بسهولة أكبر. وقد تكون ذرات التراب أفضل تمسكا بالريح، مثل الزغب الذى على بذرة الصفصاف، وبعض أنواع البلورات قد تحدث مايقلل من زمن «دورة الحياة»

وبالتالى فإنها تزيد من سرعة «تطورها». وثمة فرص كثيرة «للأجيال» المتتالية لأن تصبح «أفضل» باطراد، من حيث تمريرها للأجيال التالية. وبكلمات أخرى فإن ثمة فرصا كثيرة لأن يجرى نوع بدائى من الانتخاب التراكمى.

إن هذه التحليقات الصغيرة من الخيال، من تدبيجات كيرنز ـ سميث نفسه، تختص فحسب بنوع واحد من أنواع عديدة من «دورة الحياة» المعدنية التى يمكن أن تكون قد بدأت تحريك الانتخاب التراكمى على طريقه الخطير. وثمة أنواع أخرى. فالبلورات مختلفة النوع قد تشق طريقها إلى جداول جديدة، ليس عن طريق تفتتها إلى «بذور» تراب، وإنما بأن تجزئ جداولها إلى جديولات كثيرة تنتشر فيما حولها، لتنضم فى النهاية إلى أنظمة نهرية جديدة وتصيبها بالعدوى. وبعض الأنواع قد يهندس شلالات تبلى الصخور بسرعة أكبر، وبالتالى تزيد من سرعة صنع محلول المواد الخام اللازمة لصنع طفل جديد بعيدا أسفل التيار. وقد تقوم بعض أنواع البلورات بتحسين أنفسها بأن تجعل الظروف «شاقة» بالنسبة للأنواع «المنافسة» التى تنافسها على المواد الخام. وبعض الأنواع قد تصبح «مفترسة» بأن تحطم الأنواع المنافسة وتستخدم عناصرها كمواد خام لها. وليبق فى ذهنك أن ليس ثمة اقتراح بهندسة تتم «عن عمد»، لاهنا و لا فى الحياة الحديثة المؤسسة على **د ن أ**. فالامر وحسب نزوع تلقائى لأن يُفعم العالم بهذه الأنواع من الطفل (أو **د ن أ**) التى «يتفق» أن لها خواصا تجعله تبقى وتنشر نفسها فيما حولها.

والآن هيا إلى المرحلة التالية من محاجتنا. إن بعض سلالات البلورات قد يتفق أنها تحفز تركيب مواد جديدة تساعد فى تمريرها عبر «الأجيال». وهذه المواد الثانوية لايكون لها خط سلالتها الخاصة بها من سلف وخلف (ليس فى أول الأمر بأى حال)، ولكنها مما يتم إنتاجه من جديد بواسطة كل جيل من الناسخات الأولية. ويمكن اعتبار أنها أدوات لسلالات البلورات الناسخة، بدايات أنواع بدائية من «المظهر» Pheno type. ويعتقد كيرنز ـ سميث أن الجزيئات «العضوية» كافة لها أهميتها البارزة بين «الأدوات» غير الناسخة التى لدى ناسخاته البلورية غير العضوية. والجزئيات العضوية كثيرا ماتستخدم فى الصناعات التجارية للكيمياء غير العضوية بسبب تأثيرها فى تدفق السوائل، وفى تفتيت أو نمو

الجسيمات غير العضوية: وباختصار فهذا هو بالضبط نوع التأثيرات التى قد تستطيع التأثير فى «نجاح» سلالات البلورات المتناسخة. وكمثل، فإن طفلا معدنيا له اسم محبب هو مونتموريللونيت Montmorillonite ينزع إلى التفتت فى وجود كميات صغيرة من جزئ عضوى له إسم أقل جمالا وهو كربوكسى ميثيل السيلولوز -Carboxy methyl cellu lose. ومن الناحية الأخرى فإن الكميات الأصغر من كربوكسى ميثيل السليولوز لها بالضبط تأثير مضاد، بأن تساعد على التصاق جزيئات المونتموريللونيت معا. ومواد التانين Tanninsهى نوع آخر من الجزيئات العضوية، تستخدم فى صناعة البترول لتزيد من سهولة حفر الطين. وإذا كانت حفارات البترول تستطيع الاستفادة من الجزيئات العضوية فى معالجة انسياب الطين والقدرة على الحفر فيه، فما من سبب لألا يؤدى الانتخاب التراكمى إلى أن يكون عند المعدنيات الناسخة لذاتها نفس النوع من الاستفادة.

وعند هذه النقطة تنال نظرية كيرنز ـ سميث بعضا من دعم مجانى يضاف إلى درجة معقوليتها. فإنه يتفق أن كيماويين آخرين، ممن يدعمون نظريات «الحساء الأولى» الأكثر تقليدية، قد وافقوا من زمن طويل على أن أنواع الطفل المعدنى قد يكون لها فائدتها. ونستشهد بواحد منهم (د.م. اندرسون)، إذ يقول: «من المتفق عليه اتفاقا واسعا أن البعض أو ربما الكثير من التفاعلات والعمليات الكيميائية غير الحيوية التى أدت إلى أن تنشأ على الأرض الكائنات الحية الدقيقة المتناسخة قد حدثت مبكرا جدا فى تاريخ الأرض على مقربة وثيقة من أسطح أنواع الطفل المعدنى ومواد تفاعل أخرى غير عضوية». ويستمر الكاتب ليضع قائمة لخمس «وظائف» للطفل المعدنى فى المساعدة على نشأة الحياة العضوية، كما مثلا فى «تركيز المواد الكيماوية المتفاعلة بواسطة الإدمصاص». ولا داعى لأن نبين الوظائف الخمس هنا، أو حتى أن نفهمها. ومن وجهة نظرنا، فإن مايهم هو أن كل وظيفة من هذه «الوظائف» الخمس للطفل المعدنى يمكن أن تلوى للاتجاه الآخر. والأمر فيه ما يبين الصلة الوثيقة التى يمكن أن توجد بين التخليق الكيماوى العضوى وأسطح الطفل. فهذا إذن فيه دعم مجانى للنظرية القائلة بأن ناسخات الطفل قد ركبت جزيئات عضوية واستخدمتها لفائدتها هى نفسها.

ويناقش كيرنز ـ سميث فى تفصيل أكثر مما أستطيع أن أسعه هنا، الأستخدمات المبكرة التى ربما استغلت بها ناسخاته من بلورات ـ الطفل البروتينات، والسكريات، وأهم من

ذلك كله الأحماض النووية من مثل ر ن أ. وهو يقترح أن ر ن أ استخدم أول الأمر لأهداف إنشائية محضة، مثلما تستخدم حفارات البترول مواد التانين أو كما نستخدم نحن الصابون والمنظفات. والجزيئات المشابهة لـ ر ن أ، تنزع بسبب سلسلتها الفقرية ذات الشحنة السالبة، لأن تغلف الأسطح الخارجية لجسميات الطفل. وهذا يصل بنا إلى عوالم من الكيمياء تتجاوز مجالنا. والمهم بالنسبة لأهدافنا هو أن ر ن أ أو مايشبهه، قد ظل محوّما لزمن طويل قبل أن يصبح ناسخا لذاته. وإذا أصبح فعلا فى النهاية ناسخا لذاته، فإن هذا كان كأداة طورتها «جينبات» البلورات المعدنية لتحسين كفاءة إنتاج ر ن أ (أو الجزئ المشابة له). ولكن، ما إن يظهر للوجود جزئ جديد ناسخ لذاته، فإنه يمكن لنوع جديد من الانتخاب التراكمى أن يبدأ عمله. فالناسخات الجديدة التى كانت أصلا عرْضا جانبيا، يثبت فى النهاية أنها أكفأ كثيرا من البلورات الأصلية التى تمت لها السيادة عليها. ثم إنها تتطور لأبعد من ذلك، وتستكمل فى النهاية شفرة د ن أ التى نعرفها اليوم. وتهمل الناسخات المعدنية الأصلية جانبا مثل سقالات بالية، وتتطور كل الحياة الحديثة من جد مشترك حديث نسبيا، له نظام وراثى واحد متجانس وكيمياؤه الحيوية المتجانسة على نحو كبير. وفى «الجين الأنانى» خمنت أننا قد نكون الآن على عتبات نوع جديد من السيادة الوراثية. فناسخات د ن أ قد بنت لنفسها، «ماكينات بقاء» هى أجساد الكائنات الحية بما فيها نحن. وكجزء من أجهزتها، فإن الأجساد طورت على متنها كمبيوترات ـ هى الأمخاخ. والأمخاخ طورت القدرة على الاتصال بالأمخاخ الأخرى بواسطة اللغة والتراث الثقافى. على أن الوسط الجديد للتراث الثقافى يفتّح إمكانات جديدة للكيانات الناسخة لذاتها. والناسخات الجديدة ليست د ن أ وليست بلورات طفل. إنها أنماط من المعلومات لاتزدهر إلا فى الأمخاخ أو فى المنتجات الاصطناعية للأمخاخ ـ أى الكتب، والكمبيوترات، وما إلى ذلك. على أنه مع وجود الأمخاخ والكتب والكمبيوترات، فإن هذه الناسخات الجديدة التى أدعوها ميمات Memes لتمييزها عن الجينات، تستطيع أن تنشر ذاتها من مخ إلى مخ، ومن المخ إلى الكتاب، ومن الكتاب إلى المخ، ومن المخ إلى الكمبيوتر، ومن الكمبيوتر إلى الكمبيوتر. وهى إذ تنتشر تستطيع أن تتغير ـ أن تطفر. ولعل الميمات «الطافرة» تستطيع أن تمارس أنواع التأثير التى سميتها هنا «سلطة الناسخات» ولنتذكر أن هذا يعنى أن أى نوع من التأثير له أثره فى احتمال انتشارها هى ذاتها. والتطور

تحت تأثير هذه الناسخات الجديدة ـ التطور الميمى ـ هو فى مرحلة طفولته. وهى يتضح فى الظاهرة التى ادعوها التصور الحضارى. والتطور الحضارى أسرع مرات كثيرة من التطور المؤسس على د ن أ، الأمر الذى يجعل المرء يفكر أكثر فى فكرة «السيادة». وإذا كان ثمة نوع جديد من سيادة الناسخات قد بدأ، فإن من المتصور أنه سيحلق بعيدا مخلفا وراءه على متعدة أباه د ن أ (وجده الطفل إذا كان كيرنز ـ سميث ـ على صواب) وإذا كان الأمر هكذا، فإنه يمكننا أن نكون على ثقة من أن الكمبيوترات هى التى ستكون فى المقدمة.

أيكون ممكنا ذات يوم بعيد جدا أن ستتفكر الكمبيوترات الذكية فى بداياتها المفقودة؟ هل سيقع واحد منها على الحقيقة المبتدعة، من أنها قد انبثقت من شكل من حياة أقدم وأبعد، له جدوره فى كيمياء الكربون العضوية، بدلا مما لأجسادها هى نفسها من المبادئ الالكترونية المؤسسة على السيليكون. هل سيقوم كيرنز ـ سميث روبوتى بتأليف كتاب يسميه «السيادة الالكترونية»؟ هل سيعيد اكتشاف مرادف ما الكترونى للاستعارة المجازية عن عقد البناء، ويتحقق من أن الكمبيوترات لا يمكن أن تكون قد انبثقت تلقائيا إلى الوجود ولكنها ولابد قد نشأت من بعض عمليات مبكرة من الانتخاب التراكمى؟ هل سيدخل فى التفاصيل ويعيد بناء د ن أ كناسخ قديم معقول، هو ضحية للاستغلال الالكترونى؟ وهل سيكون له من بعد النظر ما يكفى لتخمين أنه حتى د ن أ نفسه ربما كان يستغل ناسخات هى حتى أكثر قدما وبدائية، بلورات من سيليكات غير عضوية؟ ولو كان لعقله نزعة شاعرية، هل كان ليرى نوعا من العدالة فى العودة فى النهاية إلى الحياة المؤسسة على السيليكون، حيث د ن أ لايزيد عن أن يكون مرحلة متوسطة، وإن كانت مرحلة قد استمرت لثلاثة إيونات؟

إن هذا رواية خيال علمى، ولعلها تبدو بعيدة الاحتمال. ولاأهمية لذلك. فما يهم الآن هو أن نظرية كيرنز ـ سميث نفسه، بل وكل النظريات الأخرى عن نشأة الحياة، قد تبدو لك بعيدة الاحتمال ويصعب تصديقها، هل تجد أن نظرية كيرنز ـ سميث عن الطفل، هى والنظرية الأكثر تقليدية عن الحساء العضوى الأولى هما معا مما يقل احتماله إلى أقصى حد؟ هل يبدو لك أن الأمر يحتاج لمعجزة تجعل الذرات التى ترتطم عشوائيا تنضم معا فى جزئ ناسخ لذاته؟ حسن، إن الأمر أحيانا يبدو كذلك لى أنا أيضا. ولكن

هيا ننظر نظرة أكثر عمقا إلى هذا لآمر بشأن المعجزات وقلة الاحتمال. وإذ نفعل ذلك، فسوف أبرهن على نقطة فيها مفارقة ولكن هذا مما يزيدها تشويقا. وهذه النقطة هى أننا كعلماء ينبغى حتى أن ننزعج بعض الشئ لو كانت نشأة الحياة «لا» تبدو كمعجزة بالنسبة لوعينا البشرى. إن نظرية تبدو كمعجزة (لوعى الإنسان العادى) هى «بالضبط» نوع النظرية التى يجب أن نبحث عنها فى هذه المسألة بعينها عن نشأة الحياة. وهذه المحاجة التى تصل إلى مناقشة مانعنيه بالمعجزة، ستستغرق باقى هذا الفصل. وهى على نحو ما امتداد للمحاجة التى سبق أن قمنا بها عن بلايين الكواكب.

وإذن، فماذا نعنى بالمعجزة؟ إن المعجزة هى شئ يحدث، ولكنه مذهل لأقصى حد. وإذا حدث أن تمثالا من المرمر للعذراء مريم لوح لنا بيده فجأة فينبغى أن نتناول ذلك على أنه معجزة، لأن كل خبراتنا ومعرفتنا تخبرنا بأن المرمر لايسلك هكذا. لقد لفظت توا الكلمات «ليصعقنى البرق فى هذه الدقيقة». ولو صعقنى البرق فعلا فى الدقيقة نفسها، فسينظر لذلك على أنه معجزة. على أن العِلم فى الواقع لا يصنف أيا من هذين الحدثين على أنهما يستحيلان بالكلية. إنهما مما يُحكم عليه ببساطة بأنه قليل الاحتمال جدا، والتمثال الملوح أقل احتمالا بدرجة أكبر كثيرا من البرق. فالبرق يصعق الناس فعلا. وأى واحد منا قد يصعقه البرق، على أن الاحتمال قليل نوعا فى أى دقيقة بعينها (وإن كان «كتاب جينّس للأرقام القياسية» فيه صورة ساحرة لرجل من فرجينيا، يُكنى باسم الموصل البشرى للبرق، يتعافى فى المستشفى من سابع إصابة له بصاعقة من البرق، وعلى وجهه تعبير من حيرة متوجسة). والشئ الوحيد المعجز فى قصتى المفترضة هو «الاتفاق» بين أن يصعقنى البرق وأن أقوم باستدعاء الكارثة باللفظ.

والاتفاق يعنى قلة احتمال مضاعفة. فاحتمال أن أُصعق بالبرق فى أى دقيقة بعينها من حياتى ربما يكون واحدا فى ١٠ ملايين مع التحفظ فى التقدير. واحتمال استدعائى لصاعقة برق فى أى دقيقة معينة هو أيضا قليل جدا. لقد قمت به فى التو للمرة الوحيدة حتى الآن من ٢٣٫٤٠٠٫٠٠٠ دقيقة من حياتى، وأشك فى أنى سأفعل ذلك ثانية، وهكذا فلنطلق على هذه الاحتمالات أنها واحد فى ٢٥ مليون. وحتى نحسب الاحتمال المشترك لأن يحدث الاتفاق فى أى دقيقة بعينها نضرب معا الاحتمالين المنفصلين. وبحسابى التقريبى يبلغ ذلك مايقرب من واحد فى ٢٥٠ تريليون. وإذا وقع لى اتفاق من

هذا القدر، فإنه ينبغى لى أن اَدعوه معجزة وسآكون حذرا فيما أتلفظ به مستقبلا. على أنه رغم أن الاحتمالات ضد هذا الاتفاق هى عالية جدا، فإننا مازلنا نستطيع حسابها، وهى ليست بالصفر حرفيا.

وفى حالة تمثال المرمر، فإن الجزيئات فى المرمر الصلب ترتطم أحدها بالآخر باستمرار فى إتجاهات عشوائية. وإرتطامات الجزيئات المختلفة يلغى أحدها الآخر، وهكذا فإن يد التمثال ككل تظل ساكنة. ولكن لو حدث للجزيئات كلها بمحض الاتفاق أن تحركت فى نفس الاتجاه فى نفس اللحظة فإن اليد ستتحرك. ولو أنها بعدها عكست كلها اتجاهها فى نفس اللحظة فإن اليد ستتحرك عائدة. وعلى هذا النحو فإن من «الممكن» لتمثال المرمر أن يلوح لنا. فهذا مما يمكن أن يحدث. والاحتمالات ضد اتفاق كهذا هى عظيمة بما لا يمكن تخيله ولكنها ليست أعظم من أن يمكن حسابها. وقد تكرم زميل من الفيزيائيين بحسابها لى. إن الرقم يبلغ من كبره أن عمر الكون كله حتى الآن لهو أقصر من أن يكفى لكتابة كل الأصفار! ومن الممكن نظريا أنا تثب بقرة إلى القمر بما يماثل ذلك فى قلة احتماله. والاستنتاج بالنسبة لهذا الجزء من المحاجة هو أننا نستطيع أن «نحسب» طريقنا فى مناطق قلة الاحتمال المعجز على نحو أعظم كثيرا مما يمكننا «تخيله» كشئ معقول.

هيا ننظر أمر ما نتصور أنه معقول. إن ما يمكننا تصوره كشئ معقول هو شريط ضيق فى منتصف منظور أوسع كثيرا لما هو ممكن فعلا. وأحيانا فإنه يكون أضيق مما هو هناك بالفعل. وثمة تماثل جيد لذلك مع الضوء. فأعيننا قد بنيت لتتلاءم مع شريط ضيق من الترددات الكهرومغنطية (تلك التى نسميها الضوء)، فى مكان ما وسط منظور يبدأ عند طرف بموجات لاسلكية طويلة حتى موجات أشعة إكس القصيرة عند الطرف الآخر. ونحن لانستطيع رؤية الأشعة خارج شريط الضوء الضيق هذا، ولكننا نستطيع أن نجرى عليها الحسابات، ونستطيع بناء أجهزة تكشف عنها. وبنفس الطريقة فإننا نعرف أن تدريجات الحجم والزمن تمتد فى الاتجاهين لما هو أبعد كثيرا من مجال ما يمكننا تصور رؤيته. وعقولنا لاتستطيع التواؤم مع المسافات الكبيرة التى يتعامل معها علم الفلك أو مع المسافات الصغيرة التى تتعامل معها الفيزياء الذرية، ولكننا نستطيع تمثيل هذه المسافات

برموز رياضية. وعقولنا لاتستطيع تصور فترة زمن بقصر البيكو ثانية، ولكننا نستطيع إجراء حسابات بالبيكوثانية. ونستطيع بناء كمبيوترات تستطيع إكمال الحسابات خلال بيكو الثوانى. وعقولنا لاتستطيع تصور فترة زمن طولها مليون سنة، دع عنك آلاف ملايين السنين مما يحسبه الجيولوجيون روتينيا.

وكما أن أعيننا لا تستطيع أن ترى إلا الشريط الضيق من الترددات الكهرومغنطية التى جهز الانتخاب الطبيعى أسلافنا لرؤيتها، فإن أمخاخنا بالمثل قد بنيت لتوائم أشرطة ضيقة من الأحجام والأزمنة. ومن المفروض أن أسلافنا لم تكن لهم حاجة للتواؤم مع أحجام وأزمنة خارج المدى الضيق للحياة العملية اليومية، وهكذا فإن أمخاخنا لم تطوِّر قط القدرة على تصورها. ولعل مما له دلالته أن طول أجسادنا نفسها ذو الأقدام المعدودة هو بالتقريب فى الوسط من مدى الأحجام التى يمكننا تصورها. وزمن عمرنا نفسه ذو العقود المعدودة هو بالتقريب فى الوسط من مدى الأزمنة التى يمكننا تصورها.

ويمكننا أن نقول نفس الشئ عن قلة الاحتمالات والمعجزات. تصور مقياسا مدرجا لقلة الاحتمالات، مماثلا للمقياس المدرج للأحجام من الذرات حتى المجرات، أو للمقياس المدرج للزمن من البيكوثانية حتى الإيونات. سنضع على المقياس علامات رئيسية شتى. فعلى الطرف الأقصى من يسار التدريج تكون الأحداث جد الأكيدة مثل احتمال شروق الشمس غدا ـ موضوع رهان ج . هـ ، هاردى بنصف بنس. وعلى مقربة من هذا الطرف الأيسر للتدريج أشياء تكون قلة احتمالها ضئيلة فحسب، مثل الوصول إلى رقمى ستة برمية واحدة لزوج من النرد. إن فرصة احتمال وقوع ذلك هى ١ من ٣٦. وأحسب أننا جميعا قد فعلنا ذلك مرات جد كثيرة. وبالتحرك تجاه الطرف الأيمن للمنظور، تكون ثمة نقطة لعلامة أخرى هى احتمال أن يكون توزيع الورق فى لعبة البريدج بدرجة الكمال، حيث يتلقى كل من اللاعبين الأربعة مجموعة كاملة لأوراق لعب من نفس اللون. والاحتمالات ضد أن يقع ذلك هى :

٢، ٢٣٥، ١٩٧، ٤٠٦، ٨٩٥، ٣٦٦، ٣٦٨، ٣٠١، ٥٥٩، ٩٩٩ إلى واحد، ولنطلق على هذا الديليون الواحد أنه وحدة قلة الاحتمال. وإذا تم التنبؤ بأن درجة قلة احتمال أمر ما ما هى ديليون واحد ثم وقع هذا الأمـر، فينبغى أن نشخصه كمعجزة، إلا

إذا شككنا فى وجود غش، وهو الأمر الأكثر احتمالا. على أنه «يمكن» وقوعه من دون غش، ودرجة احتماله أكثر جدا جدا من احتمال تلويح تمثاله المرمر لنا. ومع كل، فحتى هذا الحدث الأخير هو كما رأينا له مكانه الذى يحق له على مدى منظور الأحداث التى يمكن وقوعها. فهو مما يمكن قياسه، وإن كان ذلك بوحدات أكبر كثيرا من جيجا ديليون. وبين رمية النرد برقمى ستة، والتوزيع الأكمل فى البريدج، ثمة مدى من الأحداث القليلة الاحتمال بما يزيد أو ينقص، هى مما يقع أحيانا بالفعل، بما فى ذلك احتمال صعق أى فرد بالبرق، أو كسب جائزة اليانصيب الكبرى على مسابقات كرة القدم، أو كسب حفرة بضربة واحدة فى لعبة الجولف، وما إلى ذلك. وفى مكان ما من هذا المدى أيضا، هناك تلك الاتفاقات المخيفة التى تجعلنا نحس بما يرج عمودنا الفقرى، مثل الحلم بشخص معين لأول مرة منذ عقود من السنين، ثم نستيقظ لنجد أنه قد مات ليلا. وهذه الاتفاقات المخيفة لها تأثيرها جد القوى عندما تحدث لنا أو لواحد من أصدقائنا، ولكن درجة قلة احتمالها تقاس فحسب بالبيكوديليون.

وبعد أن أتممنا بناء تدريجنا الرياضى لقلة الاحتمالات، بما وضعنا عليه من نقط علامات أو حدود، هيا بنا الآن نلقى ضوءا كاشفا على ذلك المدى الفرعى من التدريج الذى يمكننا أن نتلاءم معه فى تفكيرنا ومحادثاتنا العادية. إن اتساع شعاع الضوء الكاشف هنا يماثل المدى الضيق للترددات الكهرومغنطية التى تستطيع أعيننا أن تراها، أو المدى الضيق من الأحجام أو الأزمنة، القريب من حجمنا وزمن حياتنا، والذى يمكننا تصوره. وينتهى الأمر بأن الضوء الكاشف لايكشف من منظور قلة الاحتمالات إلا مدى ضيق إبتداءا من الطرف الأقصى يسارا (اليقين) حتى المعجزات الصغرى، مثل حفرة بضربة واحدة أو حلم يتحقق. وثمة مدى راسع من درجات قلة الاحتمال التى يمكن حسابها، وهى خارجة تماما عن مدى الضوء الكاشف.

إن أمخاخنا قد بنيت بالانتخاب الطبيعى لتقيّم درجة الاحتمال والمخاطرة، تماما بمثل ماينيت أعيننا لتقييم طول الموجة الكهرومغنطية. وقد جهزنا لأن نقوم بحسابات عقلية عن المخاطرة والاحتمالات فى حدود مدى قلة الاحتمالات الذى يكون ذو فائدة للحياة البشرية. وهذا يعنى مخاطر هى، مثلا، من درجة أن ننطح بقرن جاموس وحشى عندما

نسدد له أحد السهام، أو أن نُصعق بالبرق عندما نحتمى تحت شجرة وحيدة أثناء عاصفة رعدية، أو أن نغرق إذا حاولنا السباحة عبر النهر. فهذه المخاطر المقبولة تتناسب وزمن حياتنا لعقود معدودة. ولو كان لدينا بيولوجيا القدرة على الحياة لمليون سنة، وأردنا أن نفعل ذلك، فإننا ينبغى أن نقيّم مخاطر مختلفة تماما. وسينبغى علينا مثلا أن نتخذ عادة ألا نعبر الطريق، لأنك لو عبرت الطريق يوميا لنصف مليون سنة سيكون مما لاشك فيه أنك سوف تدهس.

إن التطور قد جهز أمخاخنا بوعى ذاتى بالمخاطرة وبقلة الاحتمال هما ملائمان لكائنات زمن حياتها يقل عن قرن واحد. وقد احتاج أسلافنا دائما لاتخاذ قرارات تتضمن مخاطر واحتمالات، وهكذا فإن الانتخاب الطبيعى جهز أمخاخنا لتقييم الاحتمالات إزاء خلفية من العمر القصير، هو الذى يمكننا توقعه بأى حال. وإذا كان هناك على كوكب ما كائنات لها زمن حياة لملايين القرون، فإن مالديهم من ضوء كاشف للمخاطرة التى يمكن إدراكها سيمتد مسافة أبعد بمثل هذا القدر ناحية الطرف الأيمن من المدى المتصل. وسوف يتوقعون أن يتوزع عليهم الورق من آن لآخر التوزيع الأكمل فى لعبة البريدج، ولن يزعجوا أنفسهم أدنى إزعاج بأن يكتبوا إلى البلد بشأن هذا الأمر عندما يحدث. ولكن حتى هم سيبهتون لو لوح تمثال من المرمر لهم، ذلك أن عليك أن تعيش أطول حتى مما يعيشون هم بدليونات من السنين حتى ترى معجزة بهذا الحجم.

ما شأن هذا كله بنظريات نشأة الحياة؟ حسن، لقد بدأنا هذه المحاجة بالموافقة على أن نظرية كيرنز ـ سميث، هى ونظرية الحساء الأولى، تبدو إلى حد ما بالنسبة لنا مما يبعد وقوعه واحتماله. ونحن نحس بصورة طبيعية بالميل إلى رفض هذه النظريات لهذا السبب. ولكن، لنتذكر، أننا «نحن» كائنات قد جهزت أمخاخها بضوء كاشف للمخاطر المعقولة، هو شعاع رفيع كالقلم يكشف الطرف الأقصى الأيسر من المدى المتصل الرياضى للمخاطر المحسوبه. وحكمنا الذاتى لما يبدو كرهان جيد لاعلاقة له بما هو فعلا رهان جيد. والحكم الذاتى لغريب يبلغ زمن حياته مليون من القرون سوف يكون حكما مختلفا تماما. فهو سيحكم بأن من المعقول إلى حد كبير وقوع أحد الأحداث من مثل أن ينشأ الجزئ الناسخ الأول كما تفترضه نظرية لأحد الكيميائيين، وهذا حدث نحكم عليه نحن، الذين جهزنا بالتطور للتحرك فى عالم مدة بقائه عقود معدودة، بأنه معجزة مذهلة.

كيف نقرر من تكون وجهة نظرية هى الصحيحة، وجهة نظرنا أما وجهة نظر الغرباء المعمرين؟

ثمه إجابة بسيطة عن هذا السؤال. إن وجهة نظر الغرباء المعمرين هى الصحيحة للبحث عن معقولية نظرية مثل نظرية كيرنز ـ سميث أو نظرية الحساء الأولى. وسبب ذلك أن هاتين النظريتين تفترضان أن حدثا بالذات ـ النشأة التلقائية لكيان ناسخ لذاته ـ هو مما لاينشأ إلا مرة واحدة فيما يقرب من بليون سنة، مرة كل إيون. والزمن الذى انقضى منذ منشأ الأرض حتى أول حفريات لما يشبه البكتريا يقرب من الإيون ونصف الإيون . وبالنسبة لأمخاخنا ذات الوعى بالعقود، فإن حدثا لايقع إلا مرة فى كل إيون لهو حدث نادر جدا بحيث يبدو كمعجزة كبيرة. وبالنسبة للغريب المعمر، فإنه سيبدو أقل إعجازا مما يبدو لنا وقوع كرة الجولف فى الحفرة بضربة واحدة ـ وأغلبنا ربما يعرف شخصا ما آخر قد أوقع الكرة فى الحفرة بضربة واحدة. وعند الحكم على نظريات نشأة الحياة، فإن ماللغريب المعمر من مقياس ذاتى للزمن هو ما يكون مناسبا للموضوع، لأنه بالتقريب مقياس الزمن المستخدم فى نشأة الحياة. إن حكمنا نحن بالذات عن معقولية نظرية ما عن نشأة الحياة يحتمل الخطأ بعامل هو مائة مليون.

والحقيقة أن حكمنا الذاتى يحتمل الخطأ حتى بحد أكبر. فأمخاخنا ليست فحسب مما هيأته الطبيعة لتقييم مخاطر الأمور فى زمن قصير، وإنما هى أيضا قد هيأت لتقييم مخاطر أمور تحدث لنا شخصيا، أو لدائرة ضيقة من الأفراد الذين نعرفهم. وسبب ذلك أن أمخاخنا لم تتطور تحت ظروف تحكمها وسائل الإعلام الجماهيرى. والاعلام الجماهيرى يعنى أنه لو حدث لأى فرد أمر قليل الاحتمال فى أى مكان من العالم فسوف نقرأ عنه فى صحفنا أو فى «كتاب جينيس للأرقام القياسية» . ولو أن خطيبا فى أى مكان تحدى البرق علنا أن يصعقه لو كذب، وصعقه البرق فى التو، فإننا ينبغى أن نقرأ عن ذلك ونتأثر به التأثر الملائم، ولكن ثمة بلايين عديدة من الناس فى العالم «يمكن» أن يقع لهم هذا الاتفاق، بحيث أن الاتفاق الظاهرى هو فى الواقع ليس بالدرجة الكبيرة التى يبدو عليها. ولعل عقولنا قد هيأتها الطبيعة لتقدير مخاطر الأمور التى تقع لنا أنفسنا، أو لمئات معدودة من الناس فى الدائرة الصغيرة من القرى التى فى مدى صوت الطبول والتى كان أسلافنا القبليون يستطيعون توقع سماع الأخبار عنها. وعندما نقرأ فى صحيفة عن اتفاق مذهل

حدث لفرد ما فى فالباريزو بفرجينيا، فإننا نتأثر به، إلى حد أكثر مما ينبغى. ونتأثر به إلى حد أكثر بمعامل ربما يصل إلى مائة مليون، لو كانت هذه هى نسبة عدد سكان العالم الذى تغطيه صحفنا إلى عدد السكان القبليين الذين «تتوقع» أمخاخنا المتطورة أن تسمع الأنباء عنهم.

وهذا «الحساب السكانى» لهو مناسب أيضا لحكمنا على معقولية نظريات نشأة الحياة. وليس سبب ذلك هو عدد السكان من الناس على الأرض، ولكنه بسبب عدد سكان الكواكب فى الكون، سكان الكواكب التى «يمكن» أن تنشأ الحياة فيها. وهذه هى بالضبط المحاجة التى التقينا بها من قبل فى هذا الفصل، وإذن فليس من حاجة لأن نسهب فيها هنا. ولنعد ثانية إلى صورتنا الذهنية للمقياس المدرج للأحداث قليلة الاحتمال بما عليه من علامات محددة لما يتفق من توزيع الورق فى البريدج ورمى النرد. وسنضع على هذا المقياس المدرج بالدليونات والميكرودليونات علامات النقط الثلاث الجديدة التالية. نقطة لاحتمال أن تنشأ الحياة على أحد الكواكب (فى بليون سنة مثلا) لو افترضنا أن الحياة تنشأ بمعدل يقرب من مرة فى كل نظام شمسى. ونقطة لاحتمال أن تنشأ الحياة على أحد الكواكب لو كانت الحياة تنشأ تقريبا بمعدل مرة فى كل مجرة. ونقطة لاحتمال الحياة على كوكب مايتم اختياره عشوائيا لو كانت الحياة تنشأ مرة واحدة فقط فى الكون. ولنضع التسميات التالية للنقط الثلاث حسب الترتيب، رقم النظام الشمسى، والرقم المجرّى، والرقم الكونى. ولنتذكر أن هناك مايقرب من ١٠,٠٠٠ مليونا من المجرات. ونحن لانعرف كم عدد النظم الشمسية فى كل مجرة لأننا لانستطيع أن نرى إلا النجوم، وليس الكواكب، على أننا قد استخدمنا قبل ذلك تقديرا بأنه قد يكون ثمة مائة بليون بليون كوكبا فى الكون.

وعندما نقيمّ قلة احتمال حدث تفترضه مثلا نظرية كيرنز ـ سميث، فإننا ينبغى أن نقيمه، ليس إزاء ما نفكر ذاتيا فى أنه محتمل أو قليل الاحتمال، وإنما إزاء أرقام مثل هذه الأرقام الثلاثة، رقم النظام الشمسى، والرقم المجرى، والرقم الكونى. وتقرير أى هذه الأرقام الثلاثة هو الأكثر ملاءمة أمرٌ يعتمد على أى من المقولات الثلاث الآتية هى ما نعتقد أنه أقرب للحقيقة:

١ ـ الحياة قد نشأت فى كوكب واحد فقط فى الكون كله (وهذا الكوكب كما رأينا من قبل، يجب أن يكون إذن هو الأرض).

٢ ـ الحياة قد نشأت فيما يقرب من كوكب واحد فى كل مجرة (وفى مجرتنا تكون الأرض هى الكوكب المحظوظ).

٣ ـ نشأة الحياة هى حدث له القدر الكافى من الاحتمال بحيث ينزع لأن ينشأ ما يقرب من مرة فى كل نظام شمسى (وفى نظامنا الشمسى تكون الأرض هى الكوكب المحظوظ).

إن هذه المقولات الثلاث تمثل آراءا ذات نقط قياس محددة لتفرد الحياة. والتفرد الفعلى للحياة يحتمل أن يقع فى مكان ما بين الحدين القصويين فى المقولة ١، والمقولة ٣. لماذا أقول ذلك؟ لماذا، على وجه الخصوص، ينبغى ألا يكون من الوارد لنا أن ثمة احتمالا رابعا بأن نشأة الحياة هى حدث «أكثر» احتمالا إلى حد بعيد مما تقترحه المقولة ٣؟ والمحاجة هنا ليست بالقوية، ولكنها، بما تجدر به، تذهب كما يلى. لو أن نشأة الحياة كانت حدثا أكثر احتمالا مما يقترحه رقم النظام الشمسى، فإننا ينبغى أن نتوقع أن نكون قد لاقينا لوقتنا هذا، حياة من خارج الأرض، إن لم يكن بواسطة ماهو حسّى (أو بأى مما يعد كذلك) فعلى الأقل بواسطة اللاسلكى.

وكثيرا ما يشار إلى أن كيميائيينا قد فشلوا فى محاولاتهم لأن يكرروا فى المعمل صورة للنشأة التلقائية للحياة. وتستخدم هذه الحقيقة كما لو كانت تؤلف البرهان ضد النظريات التى يحاول أولئك الكيميائيين اختبارها. والواقع أن المرء يمكنه أن يحاج بأننا ينبغى أن ننزعج لو ثبت فى النهاية أن من السهل جدا على الكيميائيين أن يحصلوا على الحياة تلقائيا فى أنبوبة الاختبار. وسبب ذلك أن تجارب الكيميائيين تستمر لسنوات وليس لآلاف الملايين من السنوات، ولأن حفنة من الكيميائيين فحسب، وليس آلاف الملايين منهم، هم المشغولون بإجراء هذه التجارب. ولو ثبت فى النهاية أن نشوء الحياة هو حدث على درجة احتمال كافية لأن يقع خلال العقود البشرية المعدودة التى أجرى فيها الكيميائيون تجاربهم، فإن الحياة إذن تكون مما ينبغى أن يظهر عدة مرات على الأرض، وعدة مرات

على الكواكب التى فى متناول مدى اللاسلكى الأرضى. وطبيعى أن هذا كله ادعاء لصحة فروض بلا برهان، بشأن ما إذا كان الكيميائيون قد نجحوا فى تكرار صورة الظروف فى الأرض المبكرة، وحتى مع هذا، بافتراض أننا لانستطيع الإجابة عن هذه المسائل، فإن المحاجة لهى مما يستحق أن يتابع.

إذا كانت نشأة الحياة حدث محتمل بالمقاييس البشرية العادية، فإنه ينبغى أن يكون عدد جوهرى من الكواكب التى فى متناول مدى اللاسلكى قد نمىّ تكنولوجيا لاسلكية من زمن طويل يكفينا لأن نستطيع التقاط بث واحد على الأقل خلال العقود التى قد تهيأ لنا فيها فعل ذلك (هذا مع اعتبار أن موجات اللاسلكى تنتقل بسرعة ١٨٦,٠٠٠ ميلا فى الثانية). وهناك فيما يحتمل ما يقرب من خمسين نجما فى متناول اللاسلكى إذا افترضنا أنها قد حصلت على تكنولوجيا اللاسلكى منذ زمن هو فحسب مماثل لزمن حصولنا عليها. على أن خمسين عاما ليست إلا لحظة عابرة، وسيكون من باب الاتفاق الكبير أن تتواكب معنا وثيقا هكذا خطى حضارة أخرى. ولو ضممنا إلى حساباتنا تلك الحضارات التى يكون لديها تكنولوجيا اللاسلكى منذ ألف عام، سيكون لدينا مايقرب من مليون نجم فى متناول مدى اللاسلكى (ومعها أى عدد من الكواكب التى تدور حول كل منها). ولو ضممنا تلك التى ترجع تكنولوجيا اللاسلكى فيها إلى ٠٠٠ ١٠٠ عام، فإن كل مجرة التريليون نجم ستكون فى متناول مدى اللاسلكى. وبالطبع فإن إشارات البث ستضعف كثيرا عبر مسافات هائلة هكذا.

وهكذا فإننا نصل الى المفارقة التالية. إذا كانت نظرية عن أصل الحياة «معقولة» بالدرجة الكافية لإرضاء حكمنا الذاتى لما هو معقول، فستكون درجة (معقوليتها) «أكبر» مما ينبغى لتفسير مانلاحظه من ندرة الحياة فى الكون. وحسب هذه المحاجة، فإن النظرية التى نبحث عنها «يجب» أن تكون من نوع من النظريات التى تبدو غير معقولة لتصوراتنا المحدودة، المربوطة بالأرض وبعقود السنين. وبرؤية فى هذا الضوء، فإن نظرية كيرنز - سميث ونظرية الحساء الأولى كلاهما لا تبدوان قط فى خطر الإخطاء بأن تكونا فى الجانب المعقول بأكثر مما ينبغى! وإذ أقول هذا كله فإنه ينبغى الاعتراف بأنه بسبب من

القدر الكبير من عدم اليقين فى تلك الحسابات، فإنه لو نجح كيميائى «فعلا» فى إحداث حياة معمليا فإنى فى الواقع لن يصيبنى الإحباط!

إننا مازلنا لانعرف بالضبط كيف بدأ الانتخاب الطبيعى على الأرض، وهذا الفصل كان له هدف متواضع هو أن يفسر وحسب «نوع» الطريقة التى لابد من أنه حدث بها. وإذا كان هناك حاليا غياب لتوصيف لأصل الحياة متفق عليه بصورة محددة فإنه ينبغى بالتأكيد ألا يؤخذ هذا كحجر عثرة بالنسبة لكل النظرة الداروينية للعالم، كما يحدث أحيانا ـ ربما بالتفكير بالتمنى.

إن الفصول السابقة قد تخلصت من أحجار عثرة أخرى مزعومة، والفصل التالى سيزيل أيضا حجر عثرة آخر، هو فكرة أن الانتخاب الطبيعى يستطيع أن يدمر فحسب، ولا يستطيع أن يبنى قط.

الفصل السابع

التطور البناء

أحيانا يتصور الناس أن الانتخاب الطبيعى قوة سلبية محض، تستطيع أن تقتلع أوجه الشذوذ والفشل، ولكنها لاتقدر على إقامة بناء من تركب، وجمال وكفاءة فى التصميم. أليست فحسب تحذف مما هو موجود من قبل، ألا ينبغى للعملية الخلاقة حقا أن تضيف أيضا شيئا ما؟ ويستطيع المرء أن يجيب على هذا السؤال فى جزء منه بأن يشير إلى تمثال ما. إن شيئا لايضاف إلى كتلة الرخام. والمثال لايفعل إلا أن يحذف، ولكن ثمة تمثالا جميلا ينبثق. على أن هذه الاستعارة قد يكون فيها مايؤدى لسوء فهم، ذلك أن بعض الناس سيثبون مباشرة إلى الجانب الآخر من الاستعارة ـ حقيقة أن التمثال فيه تصميم واعى ـ ويهملون الجزء الهام: حقيقة أن التمثال يُصنع بالحذف بدلا من الإضافة. وحتى هذا الجزء من الإستعارة ينبغى ألا نذهب به لأبعد من ذلك. فالانتخاب الطبيعى قد يقوم فحسب بالحذف، ولكن الطفرة تستطيع أن تقوم بالإضافة. وثمة طرق يحدث فيها أن الطفر والانتخاب الطبيعى يستطيعان معا عبر الفترات الطويلة من الزمان الجيولوجى، أن يؤديا إلى بناء من تركب فيه ما يتماثل مع الإضافة أكثر مما يتماثل مع الحذف. وثمة طريقان رئيسيان يمكن أن يحدث فيهما بناء هذا التركب. وأولهما مايقع تحت اسم «التراكيب الوراثية ذات التواؤم المشترك»، والثانى يقع تحت إسم «سباق التسلح». والأثنان هما مما يكاد أحدهما أن يختلف عن الآخر ظاهريا، ولكنهما يتحدان تحت عنوانى «التطور المشترك» و«الجينات عندما يكون بعضها بيئة للبعض الآخر».

أولا، فكرة «التراكيب الوراثية ذات التواؤم المشترك». إن الواحد من الجينات له تأثيره لمعين الذى لايحدث «إلا» لأن ثمة بنية موجودة يعمل تأثيره فيها. فالجين لا يستطيع أن يؤثر فى توصيلات المخ إلا إذا كان هناك فى المقام الأول مخ يتم توصيله. ولن يكون فى المقام الأول ثمة مخ يتم توصيله، إلا إذا كان هناك جنين مكتمل النمو. ولن يكون ثمة جنين يكتمل نموه إلا إذا كان هناك برنامج كامل من الأحداث الكيماوية والخلوية، تحت تأثير الكثير والكثير من الجينات الأخرى، والكثير والكثير من تأثيرات أخرى عارضة غير وراثية. والتأثيرات المعنية للجينات ليست خواصا جبلية فى هذه الجينات. إنها خواص لنسق عمليات جنينية، عمليات «موجودة» قد «تتغير» تفاصيلها بواسطة الجينات التى تعمل فعلها فى أماكن معينة وفى أوقات معينة أثناء نمو الجنين. وقد رأينا هذه الرسالة مبرهنة بشكل بدائى، فى نمو بيومورفات الكمبيوتر.

وبمعنى ما فإنه يمكن النظر إلى كل عملية النمو الجنينى على أنها مشروع تعاونى، نديره معا فى تشارك آلاف من الجينات، فالأجنة تبنيها معا كل الجينات العاملة فى الكائن الحى النامى بتآزر الواحد منها مع الآخر. والآن يأتى المفتاح لفهم الطريقة التى تحدث بها أوجه التآزر هذه. إن الجينات يتم انتخابها دائما فى الانتخاب الطبيعى بسبب قدرتها على الإزدهار فى البيئة التى تجد نفسها فيها. ونحن كثيرا مانتصور هذه البيئة على أنها العالم الخارجى، عالم الضوارى والمناخ. على أنه من وجهة نظر كل جين، لعل أهم جزء فى بيئته «هو كل الجينات الأخرى التى يلاقيها». فأين «يلاقى» الجين الجينات الأخرى؟ غالبا داخل خلايا الأجساد الفردية المتتالية التى يجد نفسه فيها. وكل جين يتم انتخابه بسبب قدرته على أن يتعاون بنجاح مع عشيرة الجينات الأخرى التى يحتمل أن يلاقيها فى الأجساد.

والعشيرة الحقيقية للجينات، التى تشكل بيئة العمل لأى جين بعينه، ليست فحسب التجمع المؤقت الذى يتفق أن يتجمع معا فى خلايا أى جسد فردى بعينه. وإنما هى على الأقل فى الأنواع التى تتكاثر جنسيا، مجموع كل الجينات فى مجموعة الأفراد المتزاوجين- «مستودع» الجينات. وفى أى لحظة بعينها، فإن أى نسخة معينة من أحد الجينات، بمعنى تجمع من الذرات بعينه، يجب أى تكون قابعة فى إحدى الخلايا لأحد الأفراد.

ولكن مجموع الذرات التى تكوّن أى نسخة من أحد الجينات ليس فيها ما يثير اهتماما دائما. إن لها توقع حياة يقاس فحسب بالشهور. وكما رأينا فإن الجين ذا الحياة الطويلة كوحدة للتطور ليس تركيبا فيزيائيا بعينه، ولكنه «معلومات» نصّية محفوظاتيه (أرشيفية) يستمر نسخها عبر الأجيال. وهذه الناسخة النصية لها وجود موزّع. فهى تتوزع على نحو واسع فى المكان بين مختلف الأفراد، وتتوزع على نحو واسع فى الزمان عبر أجيال كثيرة. وإذا نظر للأمر بهذه الصورة من التوزع، فإنه يمكن القول بأن أى جين واحد «يلاقى» جينا آخر عندما يجدا نفسيهما وهما يشاركان فى أحد الأجساد. كما أنه يمكنه «توقع» ملاقاة أنواع شتى من الجينات الأخرى فى أجساد مختلفة فى أوقات مختلفة من وجوده المتوزع، وفى سيره قدما خلال الزمان البيولوجى. فالجين الناجح هو ذلك الذى يعمل بصورة جيدة فى البيئات التى تمد بها تلك الجينات الأخرى التى يمكن أن يلاقيها فى الكثير من الأجساد المختلفة. و «العمل بصورة جيدة» فى هذه البيئات يثبت فى النهاية أنه مرادف «للتآزر» مع تلك الجينات الأخرى. وأكثر صورة مباشرة يمكن فيها رؤية ذلك هى حالة المسارات البيوكيماوية.

والمسارات البيوكيماوية هى تتابع من كيماويات تؤلف مراحل متتالية فى عملية ما ذات فائدة، مثل إطلاق الطاقة أو تركيب مادة هامة. وكل خطوة فى المسار تحتاج لإنزيم ـ واحد من تلك الجزيئات الكبيرة الذى يتشكل ليعمل كماكينة فى المصنع الكيماوى. والانزيمات المختلفة يحتاج إليها فى الخطوات المختلفة فى المسار الكيماوى. وأحيانا يكون هناك مساران بديلان أو أكثر لنفس الغاية المفيدة. ورغم أن كلا من المسارين ينتهيان إلى نفس النتيجة المفيدة، فإن لهما مراحل متوسطة مختلفة تؤدى إلى تلك النهاية، ويكون لهما عادة نقطتا إبتداء مختلفتان. وأى من المسارين البديلين يقوم بالمهمة، ولايهم من منهما هو الذى يستخدم، فالشيء المهم بالنسبة لأى حيوان بعينه هو أن يتجنب أن يعمل المساران معا فى نفس الوقت، لأن ذلك سينتج عنه كيماويا الاضطراب وعدم الكفاءة.

والآن، هب أن المسار «١» يحتاج إلى تتال من الإنزيمات أ ١، وب ١، وج ١ حتى يمكن تركيب المادة الكيمائية المطلوبة د، بينما يحتاج المسار «٢» إلى الانزيمات أ٢ ،وب٢ ،وج٢ حتى يصل إلى نفس المنتج النهائى المطلوب. إن كل إنزيم يصنعه جين

معين. وهكذا فإنه حتى يتم تطوير خط التجميع للمسار «١»، فإن النوع يحتاج إلى جينات لها شفرة لـ أ١، وب١، وج١ كلها «تشارك» فى التطور معا. وحتى يتم تطوير خط التجميع البديل فى المسار «٢»، فإن النوع سيحتاج إلى جينات لها شفرة لـ أ٢، وب٢، وج٢ يتشارك أحدها فى التطور مع الآخر. والاختيار مابين هذين التطورين التشاركيين لايتأتى من خلال تخطيط مسبق. فهو يتأتى ببساطة من أن كل جين يتم انتخابه بفضل توافقه مع الجينات الأخرى، «التى يحدث من قبل أنها تهيمن على المجموع». ولو حدث أن كان المجموع غنيا من قبل بجنيات من نوع ب١، وج١ فإن هذا يقيم مناخا يحبِّذ فيه جين أ١، أكثر من الجين أ٢. وعلى العكس، فإذا كان المجموع غنيا من قبل بالجينات من نوع وب٢، وج٢ فإن هذا يقيم مناخا يُحبِّذ فيه جين أ٢ بالانتخاب بدلا من الجين أ١.

والأمر ليس بهذه البساطة، ولكن هذا يعطيك الفكرة بأن: أحد أهم جوانب «المناخ» التى تحبذ أو تنفر من أحد الجينات هو الجينات الأخرى التى يكثر وجودها من قبل فى العشيرة،. فهى إذن الجينات الأخرى، التى يكون على الجين فيما يحتمل أن يشاركها فى الأجساد. ولما كان واضحا أن الأمر نفسه يصدق على هذه الجينات «الأخرى» نفسها، فإن لدينا هكذا صورة لفرق من الجينات كلها تتطور نحو حلول تعاونية للمشاكل. والجينات نفسها لاتتطور، إنها فحسب تبقى أو تفشل فى البقاء فى مستودع الجينات. ولكن «الفريق» هو ما يتطور. والفرق الأخرى لعلها قد تؤدى المهمة الأداء الحسن نفسه أو حتى أفضل منه. ولكن ماإن يبدأ أحد الفرق فى السيطرة على مستودع الجينات. فى أحد الأنواع حتى تكون له عند ذاك ميزة اوتوماتيكية. ومن الصعب على فريق أقلية أن ينفذ للداخل حتى ولو كان فريق الأقلية هذا سيؤدى المهمة فى النهاية على نحو أكفأ. ففريق الأغلبية عنده مقاومة أوتوماتيكية لأن يزاح من مكانه، وذلك ببساطة بفضل كونه هو الأغلبية. ولايعنى هذا أن فريق الأغلبية لايمكن قط أن يزاح من مكانه. فلو كان لايمكن إزاحته، لتعثر التطور حتى يتوقف. ولكن الأمر يعنى بالفعل أن ثمة نوعا من قصور ذاتى جبلى.

ومن الواضح أن هذا النوع من المحاجة لايقتصر على الكيمياء الحيوية. ونستطيع إثبات نفس النوع من القضية بالنسبة لمجاميع الجينات المتوافقة التى تبنى الأجزاء المختلفة من

الأعين، والآذان، والأنوف، وأطراف المشى، وكل الأجزاء المتعاونة فى جسم الحيوان. والجينات التى تجعل الأسنان ملائمة لمضغ اللحم تنزع لأن تكون محبّذه فى «المناخ» الذى تسيطر عليه جينات تجعل الأحشاء ملائمة لهضم اللحم. وعلى العكس، فإن جينات صنع الأسنان الطاحنة للنبات تنزع لأن تكون محبّذة فى المناخ الذى تسيطر عليه الجينات التى تجعل الأحشاء ملائمة لهضم النباتات. والعكس بالعكس فى الحالين. وفرق «جينات أكل اللحم» تنزع إلى أن تتطور معا، وفرق «جينات أكل النبات» تنزع إلى أن تتطور معا. والحقيقة أنه بمعنى ما يمكن القول بأن معظم الجينات العاملة فى جسد ما تتعاون مع بعضها كفريق، لأنها عبر الزمن التطورى كان كل منها (أى النسخ السلفية لها نفسها) جزءا من البيئة التى قام الانتخاب الطبيعى بالعمل فيها على الآخرين. وإذا سألنا لماذا ذهب أسلاف الأسود إلى أكل اللحم، بينما ذهب أسلاف الظباء إلى أكل العشب، فإن الإجابة يمكن أن تكون أن الأمر فى أصله كان بمثابة حادث. حادث، بمعنى أنه كان من الممكن أن يكون أسلاف الأسود هم الذين يذهبون إلى أكل العشب، وأسلاف الظباء هم الذين يذهبون إلى أكل اللحم. ولكن ما إن «تبدأ» إحدى السلالات فى بناء فريق من الجينات للتعامل مع اللحم بدلا من العشب، فإن العملية تصبح داعمة لذاتها. وما إن تبدأ السلالة الأخرى فى بناء فريق للتعامل مع العشب بدلا من اللحم، فإن «هذه» العملية تصبح داعمة لذاتها فى الاتجاه الآخر.

وأحد الأشياء الرئيسية التى لا بد وأن حدثت فى التطور المبكر للكائنات الحية هو زيادة عدد الجينات التى تساهم فى هذه التعاونيات. والبكتريا لها عدد جينات أقل كثيرا من الحيوانات والنباتات. ولعل الزيادة قد أتت من خلال أنوعا شتى من تضاعف الجينات. ولنتذكر أن الجين هو مجرد طول من رموز فى شفرة، مثل ملف على أسطوانة الكمبيوتر، والجينات يمكن نسخها على أجزاء مختلفة من الكروموزومات، تماما مثلما يمكن نسخ الملفات على أجزاء مختلفة عليه من الأسطوانة. واسطوانتى التى تحوى هذا الفصل عليها من الوجهة الرسمية ثلاثة ملفات. و«الوجهة الرسمية» أعنى بها أن النظام التنفيذى للكمبيوتر يخبرنى أن هناك ثلاثة ملفات وحسب. وفى سعى أن أطلب منه قراءة أحد هذه الملفات الثلاثة، فيقدم لى نظاما ذا بعد واحد لحروف أبجدية، يشمل الحروف التى تقرأها الآن، وكلها كما يبدو الأمر مرتبة ومنسقة جدا. ولكن الحقيقة، أن تنظيم النص على

الاسطوانة نفسها ليس مرتبا ولا منسقا على الإطلاق. ويمكن رؤية ذلك لو أنك تحررت من انضباط النظام التنفيذى للكمبيوتر نفسه، وكتبت برامجك الخاصة بك لفك شفرة ماهو مكتوب فعلا على كل قطاع من هذه الاسطوانة. وسيثبت فى النهاية أن أجزاءا من كل من ملفاتى الثلاثة مثبته فى تناثر وأوراقها تتداخل إحداها مع الأخرى ومع أجزاء من ملفات قديمة ميتة قد محوتها منذ زمن طويل ونسيتها، وربما يتبين أن أى جزء بعينه هو فى النهاية يتماثل كلمته بكلمة، أو مع اختلافات ضئيلة، فى ستة أماكن مختلفة فى الأسطوانة كلها.

وسبب ذلك شيق، ويستحق الاستطراد لأنه يعطى تماثلا جيدا للجينات. فعندما تخبر الكمبيوتر أن يشطب ملفا، فإنه يطيعك فيما يبدو، ولكنه لايمسح بالفعل نص هذا الملف. إن ببساطة يمسح كل «المؤشرات» لهذا الملف. والأمر كما لو كان أمين لمكتبه قد أُمر بتدمير كتاب «عشيق ليدى شاترلى»، فقام وحسب بتمزيق بطاقته من فهرس البطاقات، وترك الكتاب نفسه على الرف. وبالنسبة للكمبيوتر تكون هذه طريقة إقتصادية تماما لأداء الأمور، لأن المكان الذى كان مشغولا فيما سبق بالملف «المشطوب» يصبح متاحا أوتوماتيكيا لملفات جديدة، بمجرد إزالة مؤشرات الملف القديم. وسيكون مما يضيع الوقت هباءا أن تعانى بالفعل مشقة ملأ المكان نفسه بمساحات شاغرة. ولن يتم فقد الملف القديم نهائيا حتى يحدث أن يستخدم كل مكانه لخزن الملفات جديدة.

ولكن إعادة استعمال المكان هكذا تحدث شيئا فشيئاً. فالملفات الجديدة ليس لها بالضبط نفس حجم الملفات القديمة. وعندما يحاول الكمبيوتر توفير ملف جديد للأسطوانة فإنه يبحث عن أول جزء متاح من المكان، ويكتب أكبر قدر ملائم من الملف الجديد، ثم يبحث عن جزء آخر متاح من المكان، ويكتب بعض المزيد، ويستمر هكذا حتى تتم كتابة الملف كله فى «مكان ما» على الأسطوانة. ويتوهم الإنسان أن الملف هو نظام واحد مرتب، والسبب ليس إلا أن الكمبيوتر يحرص على الاحتفاظ بسجلات «تؤشر» على عناوين كل الأجزاء التى تم إثباتها عليه. وهذه «المؤشرات» هى من مثل مؤشرات «التكملة على صفحة ٩٤» مما يستخدم فى صحيفة «نيويورك تايمز». والسبب فى أنه توجد على القرص نسخ كثيرة من أى جزء واحد من النص، هو أن النص مثلما حدث فى كل فصول كتابى، قد حرر وأعيد تحريره عشرات كثيرة من المرات، وكل مرة

للتحرير ينتج عنها توفير جديد بالأسطوانة للنص نفسه (تقريبا). وظاهريا قد يكون التوفير للملف نفسه. ولكن النص كما رأينا، يتكرر تبعثره فى الحقيقة فى «الفراغات» المتاحة على الأسطوانة. وبالتالى فإنه يمكن العثور على نسخ متعددة لجزء معين من النص مبعثرة على سطح الأسطوانة. ويزيد ذلك كلما كانت الأسطوانة قديمة قد كثر استخدامها.

والآن، فإن النظام التنفيذى لحامض **د ن أ** فى أحد الأنواع هو حقا قديم جدا، وثمة مايدل على أنه عند النظر إليه على المدى الطويل، يقوم بأمر يشبه نوعا مايفعله الكمبيوتر بملفات أسطوانته، ويأتى جزء من هذا الدليل من الظاهرة الخلابة لما سمى «بالانترونات» introns و«الاكسونات» exons. لقد اكتشف خلال العقد الأخير أن أى جين «واحد»، بمعنى الفقرة الواحدة من نص **د ن أ** التى يمكن قراءتها قراءة متصلة، لايتم تخزينه كله فى مكان واحد. ولو أنك قرأت بالفعل حروف الشفرة كما تقع على الكروموزوم (أى لو أنك فعلت ما يرادف التحرر من انضباط «النظام التنفيذى») فسوف تجد أجزاءا ذات «معنى» تسمى اكسونات، مفصولة بأجزاء «لامعنى لها» تسمى «انترونات». وأى جين واحد بالمعنى الوظيفى، ينقسم فى الواقع إلى تتابع من شظايا («اكسونات» مفصولة بانترونات لامعنى لها. والأمر كما لو كانت كل اكسون ينتهى بمؤشر يقول «التكملة فى صفحة ٩٤». وهكذا فإن الجين الكامل يكون مصنوعا من سلسلة من الأكسونات لايتم ربطها معا فى الواقع إلا إذا تمت قراءتها فى النهاية بواسطة النظام التنفيذى «الرسمى» الذى يترجمها إلى بروتينات.

والجزء الآخر من الدليل يأتى من حقيقة أن الكروموزمات تتناثر فيها نصوص وراثية قديمة لم تعد تستخدم بعد، ولكنها مازالت تعطى من المعنى مايمكن التعرف عليه. وبالنسبة لميرمج للكمبيوتر، فإن نمط توزيع هذه الأجزاء من «الحفريات الوراثية» هو تذكرة بارعة لنمط النص الذى كان على سطح اسطوانة قديمة قد استخدمت كثيرا لتحرير النص. وفى بعض الحيوانات تكون نسبة عالية من العدد الكلى للجينات هى فى الحقيقة مما لا يقرأ قط. وهذه الجينات إما أن تكون بلا معنى على الإطلاق، أو أنها «جينات حفرية» عفى زمانها.

وأحيانا فقط تظهر الحفريات النصية ثانية كما كانت عليه أصلا، كما خبرت ذلك وأن أكتب هذا الكتاب، فقد سبب لى عرضا أحد أخطاء الكمبيوتر (أو لعله خطأ بشرى لو شئنا أن نكون منصفين) أن «أمسح» الأسطوانة التى تحوى الفصل الثالث. وطبيعى أن النص نفسه لم يتم مسحه كله حرفيا، وكل ماتم مسحه على وجه التحديد هو «المؤشرات» لمكان بدء ونهاية كل «اكسون». وأصبح النظام التنفيذى «الرسمى» لايستطيع قراءة شئ، أما من الوجهة «غير الرسمية» فقد استطعت القيام بدور المهندس الوراثى وفحصت كل النص الذى على الأسطوانة. وكان مارأيته هو أحجية محيرة من شظايا من النص تشبه لعبة تشبيك الصور المقطعة Jigsaw، وبعض هذه الشظايا حديث، وبعضها «حفريات» قديمة. وبتشبيك شظايا الصور المقطعة معا، أمكننى إعادة خلق الفصل. ولكنى فى غالب الأمر لم أستطع معرفة أى الأجزاء هى الحديثة وأيها هى الحفرية. ولم يكن لهذا أهمية، ففيما عدا بعض تفصيلات ضئيلة استلزمت بعض تحرير جديد، كانت الأجزاء متماثلة. وهكذا فإن بعضا على الأقل من «الحفريات» أو «الانترونات» التى عفى زمنها، عادت ثانية كما كانت أصلا. لقد أنقذتنى من ورطتى، ووفرت على مشقة إعادة كتابة الفصل كله.

وثمة دليل على أنه يحدث أيضا فى الأنواع الحية، أن «الجينات الحفرية» تعود أحيانا إلى ما كانت عليه أصلا، ويعاد استخدامها بعد أن قبعت كامنة لمليون سنة أو مايقرب. ولو دخلنا فى التفاصيل لحملنا ذلك بعيدا جدا عن المسار الرئيسى لهذا الفصل، فلعلك تذكر أننا من قبل فى حال من الاستطراد. والنقطة الرئيسية كانت أن القدرة الوراثية الكلية لأحد الأنواع قد تزيد بسبب تضاعف الجينات. وإعادة استخدام النسخ «الحفرية» القديمة لجينات موجودة هو أحد الطرق التى يمكن أن يحدث بها ذلك. وثمة طرق أخرى أكثر مباشرة حيث قد تنسخ الجينات على أجزاء من الكروموزومات موزعة توزيعا متفرقا، مثل الملفات التى يعاد نسخها على أجزاء مختلفة لإحدى الأسطوانات، أو لأسطوانات مختلفة.

وللبشر ثمانية جينات منفصلة تسمى جينات الجلوبين (تستخدم بين أشياء أخرى لصنع الهيموجلبيين(*))، وهى على كروموزومات شتى مختلفة. ويبدو من المؤكد أن كل الجينات الثمانية قد تم نسخها فى النهاية من سلف واحد من جين الجلوبين. ومنذ ١١٠٠ مليون سنة، ثم تضاعف جين الجلوبين الجد ليشكل جينين. ونحن نستطيع

(*) مادة الصبغة الحمراء فى كرات الدم الحمراء. (المترجم).

تحديد تاريخ هذا الحدث بسبب برهان مستقل يبين السرعة التى تتطور بها عادة الجلوبينات (انظر الفصلين الخامس والحادى عشر). وأصبح أحد الجينين الذين نتجا عن هذا التضاعف الأصلى، جدا لكل الجينات التى تصنع الهيموجلوبين فى الفقريات. وأصبح الآخر جدا لكل الجينات التى تصنع بروتينات الميوجلوبين، وهى عائلة من البروتينات الأقرباء التى تعمل فى العضلات. وتمت عمليات تضاعف شتى تالية لذلك نتج عنها مايسمى جلوبينات ألفا، وبيتا، ودلتا، وابسيلون، وزيتا. والأمر الخلاب هو أننا نستطيع بناء شجرة عائلة كاملة من كل جينات الجلوبين، بل وأن نحدد التواريخ لكل نقطة تفرق (افترق مثلا جلوبين دلتا عن صحبة جلوبين بيتا منذ مايقرب من ٤٠ مليون سنة، وافترقت جلوبينات ابسيولون وجاما منذ ١٠٠ مليون سنة). على أن الجلوبينات الثمانية، وإن كانت سلالة تلك التفرعات البعيدة لأجداد سحيقة، فإنها مازالت كلها موجودة داخل كل واحد منا. وهى قد تفرقت فى أجزاء مختلفة من كروموزومات أحد الأجداد، وورثها كل منا فوق كروموزواته المختلفة. وتتشارك الجزيئات وأبناء عمومتها الجزيئية البعيدة فى نفس الجسد. ومن المؤكد أن قدرا كبيرا من التضاعف هكذا قد استمر على كل الكروموزومات، خلال كل الزمان الجيولوجى. وهذا جانب مهم حيث تكون الحياة الواقعية أكثر تعقدا من بيومورفات الفصل الثالث. فهذه كلها لم يكن لديها إلا تسعة جينات. وهى قد تطورت بتغيرات فى هذه الجينات التسعة، وليس قط بزيادة عدد الجينات إلى عشرة. وحتى فى الحيوانات الحقيقية، يكون مثل هذا التضاعف أندر من أن يقوض مقولتى العامة بأن كل الأفراد فى النوع الواحد تشارك فى نفس نظام **د ن أ** «للعنونة».

والتضاعف من داخل أحد الأنواع ليس هو الوسيلة الوحيدة التى زاد بها عدد الجينات المتعاونة فى التطور. وثمة حدث هو حتى أندر من ذلك، وإن كان لايزال مما يحتمل أن يعد حدثاً مهما جدا، وهو مايحدث عرضا من إدخال أحد الجينات من نوع آخر، بل ومن نوع بعيد إلى أقصى حد. فهناك مثلا هيموجلوبينات فى جذور نباتات من العائلة البازلائية. وهى لا تحدث فى أى عائلة نباتية أخرى، ويكاد يبدو مؤكدا أنها قد دخلت على نحو ما فى العائلة البازلائية عن طريق انتقال العدوى من الحيوانات، ولعل الفيروسات قد قامت هنا بدور الوسطاء.

وثمة حدث مهم على نحو خاص، على نفس هذه الخطوط، وحسب نظرية البيولوجى الأمريكى لين مارجوليس، وهى نظرية يتزايد تأييدها، فإن هذا الحدث وقع عند نشأة مايسمى الخلية ذات النواة الحقيقية Eukaryotic cell. وخلايا النواة الحقيقية تشمل الخلايا كلها عدا خلايا البكتريا. والعالم الحى ينقسم أساسا إلى البكتريا وسائر الباقى. ونحن جزء من الباقى، ونسمى جماعيا ذوى النوى الحقيقية. ونحن نختلف أساسا عن البكتريا بأن خلايانا فيها من داخلها مصغرات للخلايا دقيقة منفصلة. وهذه تشمل النواة التى تؤوى الكروموزومات، وأشياء دقيقة ذات شكل منبعج تسمى الحبيبات الخطية «ميتوكوندريا» Mitochondria (التى لاقيناها لقاءا وجيزا فى شكل ١)، التى تمتلئ بأغشية ذات ثنايا معقدة، كما يوجد فى خلايا النبات (ذات النواة الحقيقية) مادة الكوروبلاست. والميتوكروندريا، والكلوروبلاست لهما د ن أ الخاص بهما، والذى يتناسخ وينشر نفسه على نحو مستقل تماما عن د ن أ الرئيسى الموجود فى كروموزومات النواة. وكل ما فى داخلك من حبيبات الميتوكوندريا هو سلالة من المجموعة الصغيرة من حبيبات الميتوكوندريا التى انتقلت من أمك فى بويضتها. فالحيوانات المنوية أصغر من أن تحوى حبيبات الميتوكوندريا، وهكذا فإن الميتوكوندريا تنتقل بالكلية عن طريق الخط الأنثوى، وأجساد الذكور هى طريق مسدود فيما يختص بتكاثر الميتوكوندريا. ومما يتفق، أن هذا يعنى أننا نستطيع أن نستخدم الميتوكوندريا لتتبع أثر سلفنا، وذلك من جهة الخط الأنثوى على نحو صارم.

ونظرية مارجوليس هى أن الميتوكوندريا والكلوروبلاست، هى وبنيات قليلة أخرى داخل الخلية، كل منها ينحدر أصله من البكتريا. فخلية النواة الحقيقية قد تكونت منذ ما يحتمل أن يكون ٢ بليون سنة، عندما تآزرت قوى عدة أنواع من البكتريا بسبب المزايا التى يمكن لكل منها أن يكتسبها من الآخر. وتم عبر الإيونات تكاملها على نحو متقن فى تلك الوحدة التعاونية التى أصبحت الخلية ذات النواة الحقيقية، حتى أنه يكاد يكون مستحيلا الكشف عن حقيقة أنها كانت ذات مرة خلايا بكترية منفصلة، إن كانت هذه هى الحقيقة حقا.

ويبدو أنه ما إن تم ابتكار الخلية ذات النواة الحقيقية، حتى أصبح من الممكن وجود مدى بأسره من التصميمات الجديدة. وأكثر مايهمنا من وجهة نظرنا، هو أن هذه الخلايا استطاعت إنتاج أجساد كبيرة تشمل عدة بلايين من الخلايا. وتتكاثر كل الخلايا بأن تنشطر إلى اثنتين، وكل نصف يحوز المجموعة الكاملة للجينات. وكما رأينا فى حالة البكتريا التى على رأس دبوس، فإن الإنقسام المتتالى إلى اثنتين يولد عددا كبيرا جدا من الخلايا في زمن قصير نسبيا. فأنت تبدأ بخلية بكتريا واحدة تنقسم إلى اثنتين. ثم تنقسم كل من الاثنتين لتصنع أربع خلايا، وكل من الأربع تنقسم لتصنع ثمانى، وتزيد الأعداد فى تضاعف متتالى من ٨ إلى ١٦ ثم ٣٢، و٦٤، و١٢٨، و٢٥٦، و٥١٢، و١٠٢٤، و٢٠٤٨، و٤٠٩٦، و٨١٩٢. وبعد ٢٠ تضاعف فحسب، لاتستغرق زمنا طويلا جدا، نصل إلى الملايين. وبعد أربعين تضاعف فحسب يزيد عدد الخلايا عن التريليون. وفى حالة البكتريا فإن كل خلية من الأعداد الهائلة من الخلايا الناتجة عن التضاعف المتتالى تذهب فى طريقها المنفصل. ويصدق هذا بالمثل على الكثير من الخلايا ذات النواه الحقيقية، كما مثلا فى البروتوزوا من مثل الأميبا. ثم تم اتخاذ خطوة كبرى فى التطور عندما التصقت معا تلك الخلايا الناتجة عن الانقسامات المتتالية بدلا من أن يبتعد كل منها مستقلا. وأمكن الآن أن ينبثق بناء من مرتبة أعلى، تماما مثلما حدث على مقياس أصغر بما لايقارن، لبيومورفات الكمبيوتر التى تتفرع ثنائيا.

والآن، فإنه للمرة الأولى أصبح الجسم ذو الجسم الكبير ممكنا. إن الجسد البشرى هو حقا مجموعة ضخمة من الخلايا، كلها تنحدر من سلف واحد، هو البويضة المخصبة، وكل من هذه الخلايا هو هكذا من أبناء العمومة، والأبناء، والأحفاد والأعمام، الخ.. للخلايا الأخرى فى الجسم. والترليونات العشرة من الخلايا التى تصنع كل واحد منا هى نتاج عشرات معدودة من أجيال من تضاعفات الخلايا. وتصنف هذه الخلايا فيما يقرب من ٢١٠ نوع مختلف (حسب ذوق المصنف) كلها بنيت بنفس المجموعة من الجينات ولكن مع تشغيل أفراد مختلفة من مجموعة الجينات فى أنواع الخلايا المختلفة. وهذا كما رأينا هو السبب فى أن خلايا الكبد تختلف عن خلايا المخ، وأن خلايا العظم تختلف عن خلايا العضلات.

والجينات التى تعمل من خلال الأعضاء ومن خلال أنماط السلوك فى الأجساد كثيرة الخلايا، تستطيع الوصول إلى أساليب لتأكيد انتشارها هى نفسها، مما لا يكون متاحا للخلايا الوحيدة التى تعمل لحسابها الخاص. فالأجساد ذات الخلايا الكثيرة تجعل من الممكن للجينات أن تتعامل مع العالم، مستخدمه أدوات بنيت بمقياس هو أكبر بمراتب عديدة من مقياس الخلايا الوحيدة. وهى تصل إلى هذه التعاملات غير المباشرة ذات المقياس الكبير عن طريق تأثيراتها الأكثر مباشرة فى المقياس المصغر للخلايا. فهى مثلا، تغير شكل غشاء الخلية. ثم تتفاعل الخلايا بعدها إحداها مع الأخرى فى مجموعات هائلة لتنتج تأثيرات جماعية ذات مقياس كبير من مثل ذراع أو ساق أو (على نحو غير مباشر بأكثر) من مثل سد لقندس. ومعظم خصائص الكائن الحى التى هيئنا لرؤيتها بأعيننا المجردة هى ما يسمى «الخواص المنبثقة» Emergent properties.وحتى بيومورفات الكمبيوتر بجيناتها التسعة، لها خواص منبثقة. وهى فى الحيوانات الحقيقية يتم إنتاجها على مستوى الجسد كله بواسطة التفاعلات مابين الخلايا. فالكائن الحى يعمل كوحدة كلية، وجيناته هى مما يمكن القول بأن لها تأثيرات على الكائن كله، حتى وإن كانت كل نسخة من أى جين تمارس تأثيراتها المباشرة فحسب داخل خليتها الخاصة بها.

وقد رأينا أن أحد الأجزاء الهامة جدا من بيئة أحد الجينات هى الجينات الأخرى التى يحتمل أن يلاقيها فى الأجساد المتتالية على مر الأجيال. وهذه هى الجينات التى يعاد ترتيبها وتوليفها من داخل النوع. والنوع المتكاثر جنسيا يمكن حقا تصوره كوسيلة تعيد ترتيب مجموعة منفصلة من الجينات ذات التآلف المتبادل، فى أنواع مختلفة من التوليفات. والأنواع حسب هذه النظرة، تقوم باستمرار بإعادة خلط مجموعات الجينات التى يلاقى بعضها البعض الآخر من داخل النوع، ولكنها لاتلاقى قط جينات من نوع آخر. على أن جينات الأنواع المختلفة، حتى إذا كانت لاتلتقى فى أرجاء وثيقة داخل الخلية، إلا أنها بمعنى ما يؤلف كل منها جزءا هاما من بيئة الآخر. والعلاقة كثيرا ماتكون عدائية أكثر من أن تكون تعاونية، على أن هـذا يمكن تناوله على أنـه مجرد عكس للعلامة. وهنا نأتى إلـى مبحثنا الرئيسى الثانى فـى هـذا الفصل، وهـو «سباق التسلح». فهنـاك سباق للتسلح بين الضـوارى والفـرائس، وبين الطفيليات والعوائـل، بـل حتى وبين الـذكور

والإناث داخل النوع الواحد ـ وإن كانت هذه الحالة الأخيرة أشد استخفاءا ولن أناقشها لأبعد من ذلك.

وسباقات التسلح يجرى سياقها فى الزمان التطورى وليس بالمقياس الزمنى لفترة حيوان الأفراد. وهى تتألف من العمل عل تحسين جهاز البقاء فى إحدى لسلالات (من الحيوانات الفرائس مثلا)، وذلك كنتيجة مباشرة لتحسن الجهاز المتطور فى سلالة أخرى (من الحيوانات المفترسة مثلا). فسباقات التسلح توجد حيثما يكون للأفراد أعداء عندهم قدرتهم الخاصة على التحسن بالتطور. وفى رأى أن سباقات التسلح لها أهميتها القصوى لأنها إلى حد كبير هى التى تحقن هذه «التقدمية» الموجودة فى التطور. ذلك أنه على النقيض مما سبق من الآراء المتحيزة، ليس ثمة ماهو تقدمى جبليا فى التطور. ويمكننا رؤية ذلك لو تأملنا ماكان يمكن أن يحدث لو أن المشاكل الوحيدة التى يجب على الحيوانات مجابهتها هى تلك التى يفرضها الطقس والجوانب الأخرى من البيئة غير الحية.

إن الحيوانات والنباتات المحلية فى مكان بعينه تصبح بعد أجيال كثيرة من الانتخاب التراكمى متلائمة أحسن التلاؤم للظروف فى ذلك المكان، كظروف الطقس مثلا. فإذا كان الجو باردا تصل الحيوانات إلى أن يصبح لها فراء سميك من الشعر أو الريش. وإذا كان الجو جافا فإنها تطور بشرة جلدية أو شمعية مانعة لتسرب الماء حتى تحتفظ بأى كمية ماء قليلة توجد. والتكيف للظروف المحلية يؤثر فى كل جزء من الجسم، شكله ولونه، وأعضاءه الداخلية، وسلوكه، وكيمياءه من داخل خلاياه.

وإذا ظلت الظروف التى تعيش فيها سلالة من الحيوانات ظروفا ثابتة، كأن يكون الجو حارا ساخنا ويظل هكذا دون تغير لمائة جيل، فإن من المحتمل أن التطور فى هذه السلالة سيصل إلى أن يتوقف، على الأقل فيما يختص بشأن التكيفات للحرارة والرطوبة. وسوف تصبح الحيوانات متلاءمة لأقصى مايمكن للظروف المحلية. ولايعنى هذا أنه لايمكن إعادة تصميمها بصورة كاملة لتصبح حتى أفضل. وإنما يعنى فى الواقع أنها لايمكن أن تحسن نفسها بأى خطوة تطورية «صغيرة» (وبالتالى محتملة): فأداء أى من جيرانها «المباشرين» بالمرادف الموضعى «لفضاء البيومورف»، لن يكون أداءا أفضل بأى حال.

وسيصبح التطور فى حالة توقف حتى يتغير شئ ما فى الظروف: بداية عصر جليدى، تغير فى معدل سقوط الأمطار بالمنطقة، تحول فى اتجاه الرياح السائدة. والتغيرات من هذا النوع تحدث بالفعل عندما نتعامل بمقياس زمان طويل طول المقياس التطورى. وكنتيجة لذلك، فإن التطور عادة لايصل إلى أن يتوقف، ولكنه دائما «يتعقب» البيئة المتغيرة. فلو كان ثمة اتجاه مطرد لانخفاض متوسط درجة الحرارة فى المنطقة، اتجاه يظل باقيا عبر القرون، فإن أجيال الحيوانات المتتابعة سيدفعها «ضغط» انتخابى مطرد للاتجاه مثلا إلى تنمية فراء شعر أطول. وإذا حدث بعد عدة آلاف من السنين ذات الحرارة المنخفضة أن انعكس الاتجاه وزحفت متوسطات الحرارة ثانية لأعلى، فإن الحيوانات ستصبح تحت تأثير ضغط انتخابى جديد، وستدفع نحو تنمية الفراء الأقصر ثانية.

على أننا حتى الآن، لم ننظر إلا فى أمر جزء محدود من البيئة، وهو الطقس. والطقس مهم جدا بالنسبة للحيوانات والنباتات، ونمطه يتغير بمرور القرون، وهذا إذن يبقى التطور فى حركة مستمرة إذ «يتعقب» هذه التغيرات. ولكن أنماط الطقس تتغير على نحو عشوائى غير ثابت. وثمة أجزاء أخرى من بيئة الحيوان تتغير فى اتجاهات هى أكثر شرا على نحو ثابت، وهذا أيضا يحتاج لأن «يتعقب». وأجزاء البيئة تلك هى الكائنات الحية نفسها. فبالنسبة لأحد الضوارى كالضبع مثلا فإن فريسته هى أحد أجزاء البيئة التى لها على الأقل نفس أهمية الطقس، فريسة من العشائر المتغيرة من التياتل، وحمير الوحش، والظباء. وبالنسبة للظباء، وغيرها من آكلات العشب التى تجوب السهول بحثا عن الكلأ قد يكون الطقس مهما، على أن الأسود والضباع وغيرها من اللاحمات هى أيضا مهمة. وسيعمل الانتخاب التراكمى على حسن تلاؤم الحيوانات بحيث تفوق مفترسيها أو تخدع فريستها، ليس بأقل مما يعمل على حسن تلاؤمها بالنسبة لظروف الطقس السائدة. وكما أن التطور «يتعقب» تذبذبات الطقس التى على المدى الطويل، فبمثل ذلك تماما يتم تعقب مايحدث على المدى الطويل من تغيرات فى عادات أو أسلحة الضوارى بواسطة تغيرات تطورية فى فرائسها وبالطبع فإن العكس بالعكس.

ونحن نستطيع بالنسبة لأحد الأنواع أن نستخدم المصطلح العام «الأعداء» لنعنى به تلك الكائنات الحية الأخرى التى تعمل لأن تصبح حياة النوع أكثر مشقة. فالأسود أعداء

للحمير الوحشية. وقد يبدو جافيا بعض الشئ أن تعكس المقولة لتصبح «الحمير الوحشية أعداءا للأسود». فدور الحمار الوحشى كما يبدو فى هذه العلاقة هو أنه أكثر براءة واستهدافا للظلم من أن يستحق الانتقاص من قدره بوصفه بأنه «عدو». على أن أفراد الحمير الوحشية تفعل أى شئ فى وسعها لمقاومة أن تأكلها الأسود، ومن وجهه نظر الأسود فإن هذا يجعل حياتها أكثر مشقة. ولو أن الحمير الوحشية وغيرها من آكلات العشب نجحت فى غرضها، لماتت الأسود جوعا. وهكذا فإنه حسب تعريفنا تكون الحمير الوحشية أعداءا للأسود. والطفيليات مثل الديدان الشريطية هى أعداء لعائليها، والعائلون أعداء للطفيليات لأنهم ينزعون لتطوير الوسائل لمقاومتها. والعاشبات عدوة للنباتات، والنباتات عدوة للعاشبات إلى حد أنها تنتج أشواكا وكيماويات سامة أو سيئة المذاق.

وسلالات الحيوانات والنباتات سوف «تتعقب» فى الزمان التطورى مايحدث من تغيرات فى أعدائها بما لايقل مثابرة عن تعقبها للتغيرات فى متوسط ظروف الطقس. والتحسينات التطورية فى أسلحة فهد الشيتا(*) وتكتيكاته، هى من جهة نظر الغزلان، تماثل أن يسوء المناخ سوءا مطردا، وهى تتعقبها على نفس النحو. على أن ثمة فارق مهم وهائل بين الاثنين. فالطقس يتغير عبر القرون، ولكنه «لا» يتغير على نحو شرير خاص. فهو لايخرج «لاصطياد» الغزلان. وفهد الشيتا المتوسط سيتغير عبر القرون، بما يماثل تماما متوسط التغيرات السنوية فى هبوط المطر. على أنه بينما ينجرف المتوسط السنوى لهبوط المطر لأعلى ولأسفل، دون إيقاع أو سبب معين، فإن فهد الشيتا فى المتوسط يتجه بمرور القرون إلى أن يصبح مجهزا لاصطياد الغزلان تجهيزا «أفضل» مما كان عليه أسلافه. وسبب ذلك أن تتاليات فهد الشيتا، بخلاف تتاليات الظروف الطقس السنوية، تكون هى نفسها معرضة للانتخاب التراكمى. وهكذا تتجه فهود الشيتا إلى أن تصبح أقدامها أسرع انطلاقا، وعيونها أحد بصرا وأسنانها أكثر شحذا. ومهما بدا الطقس «معاديا» هو أو الظروف الأخرى غير الحية، فإنها لاتتجه بالضرورة إلى أن تصبح أكثر عدوانا فى إطراد. أما الأعداء من الأحياء، فهم عند النظر إليهم من خلال مقياس الزمان التطورى، نجد أن لديهم هذا الاتجاه بالضبط.

(*) cheetah الفهد الصياد.

واتجاه اللاحمات لأن تصبح «أحسن» فى تزايد، هو مماقد يجعل بخار محركها ينفد سريعا، بمثلما يحدث فى سباقات التسلح البشرية (وذلك لأسباب من التكلفة الاقتصادية كما سيأتى بعد)، لولا أن هناك الاتجاه الموازى عند الفريسة. والعكس بالعكس. فالغزلان، بما لا يقل عن فهد الشيتا، تتعرض للانتخاب التراكمى، وهى أيضا تتجه بمرور الأجيال إلى تحسين قدرتها على الجرى السريع، وإلى أن يكون رد فعلها أكثر خفة، وأن تصبح غير مرئية بأن تندمج بالأعشاب الطويلة. وهى أيضا قادرة على التطور فى اتجاه أن تصبح أحسن من أعدائها، وهم فى هذه الحالة فهود الشيتا. ومن وجهة نظر فهود الشيتا فإن متوسط الحرارة السنوى لايتجه بصورة منتظمة إلى أن يكون أحسن أو أسوأ بمرور السنين، إلا بقدر مايكون أى تغير بالنسبة لحيوان قد تم تكيفه عل أحسن وجه هو تغير للأسوأ. ولكن متوسط الغزال السنوى يتجه فعلا بصورة منتظمة إلى أن يكون أسوأ ـ أى أنه تزداد صعوبة الإمساك به لأنه يتكيف بصورة أحسن لتجنب فهود الشيتا. ومرة أخرى فإن الاتجاه نحو التحسن الذى يزداد تقدمه فى الغزلان كان سيصل إلى أن يتوقف لولا وجود الاتجاه الموازى الذى يظهره مفترسوه، فأحد الجانبين يتحسن قليلا لأن الجانب الآخر يفعل ذلك، والعكس بالعكس. وتستمر العملية فى لولب مفرغ بمقياس زمنى من مئات الآلاف من السنين.

وفى عالم الدول بما لها من مقياس زمنى أقصر، عندما يقوم كل من العدوين بزيادة تحسين أسلحته كرد فعل لتحسينات فى الطرف الآخر فإننا نتحدث عن ذلك «كسباق تسلح». ومثيل ذلك فى التطور يقترب اقترابا كافيا لأن نستعير المصطلح، ولن أقدم هنا أى اعتذار لأصحاب التظاهر من زملائنا الذين يودون تطهير لغتنا من صور كهذه وإن كانت منورة هكذا. لقد أدخلت الفكرة هنا بلغة من تمثيل بسيط عن الغزلان وفهود الشيتا. وكان هذا من أجل تجاوز الفارق الهام بين عدو حى، يتعرض هو نفسه للتغير بالتطور، وبين ظرف مثل الطقس هو غير حى وغير شرير، يتعرض للتغير، ولكنه ليس بالتغير التطورى المنتظم. على أن الوقت قد حان لأن أقر بأنى فى محاولتى لشرح هذه النقطة الواحدة الصحيحة، ربما أكون قد ضللت القارئ من نواحى أخرى. فمن الواضح لو أنك تفكرت فى الأمر، أن صورتى عن سباق تسلح يتزايد أبدا هى أبسط من اللازم، على

الأقل من أحد الجوانب. خذ مثلا سرعة الجرى. ففكرة سباق التسلح بما هى عليه الآن، تبدو وكأنها توحى بأن فهود الشيتا والغزلان ينبغى أن تواصل جيل بعد جيلا زيادة سرعتها أبدا حتى أن كليهما سينتقلان بأسرع من الصوت. ولكن هذا لم يحدث ولن يحدث قط. وقبل أن نواصل مناقشة سباقات التسلح، يجب عليّ أن أزيل أوجه اللبس.

وأول تعديل هو التالى. لقد أعطيت الانطباع بأن ثمة ارتقاءا مطردا لأعلى فى قدرات فهود الشيتا على الامساك بالفريسة، وفى قدرات الغزلان على تجنب مفترسيها. وربما خرج القارئ من ذلك بفكرة من العهد الفكتورى عن تقدم لاهوادة فيه، فكل جيل يكون أحسن وأكثر تهذبا وشجاعة عن والديه. والواقع فى الطبيعة ليس فيه مايشبه ذلك. والمقياس الزمنى الذى يمكن فيه اكتشاف أى تحسن ذى دلالة هو مما يحتمل على كل حال أن يكون أطول كثيرا مما يمكن اكتشافه بمقارنة أحد الأجيال النمطية بالجيل السابق له. وفوق ذلك فإن «التحسن» أبعد من أن يكون متصلا. إنه حال من نوبات، فهو قد يصل إلى السكون، أو هو حتى «يرتد» أحيانا بدلا من أن يتحرك فى ثبات «للأمام» فى الاتجاه الذى توحى به فكرة سباق التسلح. وتغيرات الظروف، التغيرات فى القوى غير الحية التى جمعتها تحت عنوان عام هو «الطقس» ، هى مما يحتمل أن يغمر الاتجاهات البطيئة والشاذة فى سباق التسلح، لأبعد مما يمكن أن يتنبه له مراقب فوق الأرض. وقد تكون ثمة فترات طويلة من الزمان لايحدث فيها أى «تقدم» فى سباق التسلح، وربما لايحدث فيها إطلاقا أى تغير تطورى. وسباقات التسلح تنتهى أحيانا بالإبادة، ثم يبدأ ثانية سباق تسلح جديد من نقطة التعادل. وعلى أى، ومع كل ما ذكر، فإن فكرة سباق التسلح تظل إلى حد بعيد أكثر تفسير مرض لوجود جهاز الماكينات المركب المتقدم الذى تحوزه الحيوانات والنباتات. «فالتحسن» المطرد فى تقدمه من مثل ما توحى به صورة سباق التسلح، يستمر بالفعل، حتى ولو كان ذلك فى صورة تشنجية ومتقطعة، وحتى ولو كانت السرعة النهائية للتقدم أبطأ من أن يتم اكتشافها خلال مدة حياة الإنسان، أو حتى خلال المدى الزمنى للتاريخ المسجل.

والتعديل الثانى هو أن العلاقة التى أسميتها، «العداء» هى أكثر تعقدا من العلاقة الثنائية البسيطة التى توحى بها حكايات فهود الشيتا والغزلان. وأحد أوجه التعقيد هى أن النوع

لواحد المعين قد يكون له عدوان (أو أكثر) يعادى الواحد منهما الآخر عداءا أشد. وهذا هو المبدأ الكامن وراء ذلك النصف من الحقيقة الذى يشيع ذكره، من أن الحشائش نستفيد من كونها تُرعى (أو تُجز). إن الماشية إذ تأكل الحشيش يُظن أنها بذلك عدوة للحشيش .ولكن الحشيش له أيضا أعداء آخرين فى عالم النبات، أعشاب منافسة، لو سمح لها بالنمو دون أن تُكبح، فقد يثبت فى النهاية أنها أشد عداءا للحشائش من الماشية. فالحشيش يعانى بعض الشئ من أنه يؤكل بالماشية، ولكن الأعشاب المنافسة تعانى من ذلك معاناة أشد. وإذن فإن حصيلة تأثير الماشية على المرعى هى أن الحشائش تستفيد، ويثبت فى النهاية أن الماشية بهذا المعنى هى صديقة للحشائش بدلا من أن تكون عدوة لها.

ورغم هذا، فإن الماشية هى عدو للحشيش وذلك لأنه «مازال» حقيقيا أن نبتة الحشيش الواحدة هى عند عدم أكلها بواسطة بقرة أفضل حالا مما لو أُكلت، وأى نبتة طافرة تمتلك مثلا سلاحا كيماويا يحيمها ضد البقر، ستنتج من البذور (التى تحوى التعليمات الوراثية لصنع السلاح الكيماوى) عددا أكبر مما ينتجه الأفراد المنافسين من نفس نوعها، وهم أولئك الذين كانوا أكثر استساغة بالنسبة للبقرة. وحتى لو كان يوجد ثمة معنى تكون الأبقار فيه «صديقة» للحشائش، فإن الانتخاب الطبيعى لا «يحبذ» أفراد نباتات الحشيش التى تنحرف عن طريقها ليأكلها البقر! والاستنتاج العام من هذه الفقرة هو كما يلى. قد يكون من المناسب تصور سباق تسلح بين سلالتين مثل البقر والحشيش، أو الغزلان وفهود الشيتا، ولكن ينبغى ألا تغيب عن أعيننا حقيقة أن كلا الطرفين لهما أعداء آخرين وهما يقيمان فى نفس الوقت سباقات أخرى للتسلح ضد هؤلاء الأعداء الآخرين. ولن أواصل متابعة هذه النقطة هنا، إلا أنها مما يمكن تنميته لأن تصبح أحد التفسيرات للسبب فى أن سباقات تسلح معينه تثبت ولاتستمر للأبد ـ فلا تؤدى إلى أن تصل الضوارى إلى تعقب فريستها بسرعة هى ضعف سرعة الصوت أو ما إلى ذلك.

والتعديل الثالث لسباق التسلح البسيط ليس تعديلا بقدر ما هو نقطة هامة فى صفة ففى نقاشى الافتراضى عن فهود الشيتا والغزلان قلت أن فهود الشيتا هى بخلاف الطقس لها إتجاه لأن تصبح بمرور الأجيال «صيادة أحسن»، ولأن تصبح عدوة أشد، وأحسن

تجهيزا لقتل الغزلان. ولكن هذا لايعنى أنها تصبح أكثر «نجاحا» فى قتل الغزلان. إن لب فكرة سباق التسلح هو أن كلا الجانبين فى السباق يتحسنان من وجهة النظر الخاصة بكل منهما، إذ يقوم كل طرف فى نفس الوقت بجعل حياة الطرف الآخر فى سباق التسلح حياة أصعب. وليس من سبب خاص (على الأقل ليس فى أى مما ناقشناه حتى الآن) لان نتوقع أن أيا من الطرفين فى سباق التسلح يصبح باطراد أكثر نجاحا أو أقل نجاحا من الطرف الآخر. والحقيقة أن فكرة سباق التسلح فى أنقى أشكالها، توحى بأن تقدم «معدل النجاح» عند كلا الجانبين فى السباق ينبغى أن يكون صفرا مطلقا، مع أن هناك تقدم أكيد فى «التجهيز» من أجل النجاح عند كلا الجانبين. فالضوارى تصبح أحسن تجهزا لأن تقتل، ولكن الفرائس تصبح فى نفس الوقت أحسن تجهزا لتجنب القتل، وهكذا فإن النتيجة الخالصة هى لا تغير فى معدل أفعال القتل الناجحة.

والمغزى هو أنه لو حدث بواسطة آلة الزمان، أن أمكن أن تلتقى الضوارى التى من إحدى الحقب بفرائس من حقبة أخرى، فإن المتأخر من أيهما، أى الحيوانات الأكثر «حداثة»، سواء الضوارى أو الفرائس، سوف يتغلب على الحيوانات الأقدم. وليست هذه بالتجربة التى يمكن القيام بها قط، وإن كان بعض الناس يزعمون أن بعض الحيوانات المعزولة من الحقب السابقة، كما فى استراليا ومدغشقر، يمكن تناولها كما لو كانت قديمة، وكأن الرحلة لاستراليا تشبه الرحلة وراءا بآلة الزمان. ويظن هؤلاء الناس أن الأنواع الاسترالية المحلية تُدفع عادة إلى الانقراض بواسطة المنافسين أو الأعداء المتفوقين الذين يُدخلون من العالم الخارجى. والسبب هو أن الأنواع المحلية هى نماذج «أقدم» قد «عفى زمنها»، بما يشبه تماما بالمقارنة بارجة من نوع جوتلاند تنازل غواصة نووية. على أن افتراض أن أستراليا فيها «حفريات حية» للحيوانات من حقبة ما لهو مما يصعب البرهنة عليه. ولعل من الممكن إقامة بعض أدلة جيدة لذلك، ولكن هذا أمر نادر. وأخشى أن هذا من وجهة علم الحيوان لايزيد عن أن يكون مرادفا للتعالى الشوفينى المماثل لاتخاذ موقف يُنظر فيه إلى كل استرالى على أنه من حثالة فظة، وأن قبعته بكل مايزين حافتها لاتحيط بشئ سوى خواء.

ومبدأ التغير الصفر فى معدل «النجاح»، أيا ما كانت عظمة التقدم التطورى فى «التجهيز»، قد أعطى له البيولوجى الأمريكى لى فان فالن إسما لاينسى هو «ظاهرة الملكة الحمراء». ولعلك تذكر أن الملكة الحمراء فى كتاب «من خلال المنظار» امسكت أليس من يدها وجرتها بأسرع وأسرع فى عدو محموم فى الخلاء. ولكنهما مهما بلغت سرعة جريهما كانتا تبقيان دائما فى نفس المكان. وأصبح مفهوما أن تصاب أليس بالحيرة فتقول «حسن، فى «بلدنا» ـ لو أنك جريت سريعا جدا زمنا طويلا كما ظللنا نفعل ـ لكنت وصلت عموما إلى مكان آخر». فقالت الملكة: «هذا بلد من نوع بطئ!» «والآن فأنت ترين «هنا» أن الأمر يتطلب منك كل ما فى وسعك «أنت» من الجرى، حتى تبقى فى نفس المكان. ولو أردت أت تصلى إلى مكان آخر، فإن عليك أن تجرى بما هو على الأقل أسرع مرتين من ذلك!» .

إن عنوان «الملكة الحمراء» فيه مايسلى، ولكنه يمكن أن يؤدى إلى سوء فهم لو أخذ (كما يحدث أحيانا) على أنه يعنى شيئا محددا رياضيا، هو حرفيا صفر التقدم النسبى. وإحدى القسمات الأخرى المؤدية لسوء الفهم هى أن مقولة الملكة الحمراء فى قصة أليس فيها مفارقة أصيلة، لاتقبل التوافق مع الحس المشترك فى العالم الفيزيائى الواقعى. ولكن ظاهرة «الملكة الحمراء» التطورية التى ذكرها فان فالن ليس فيها أى مفارقة مطلقا. وهى تتوافق بالكلية مع الحس المشترك مادام ذلك الحس يُطبّق بذكاء. على أنه إذا كانت سباقات التسلح ليس فيها مفارقة، إلا أنها مما يمكن أن ينشأ عنه مواقف تصدم الانسان بعقله الموجه اقتصاديا لأنها مواقف تبديد بالكامل.

لماذا مثلا تكون الأشجار فى الغابات طويلة هكذا؟ إن الإجابة الموجزة هى أن كل الأشجار الاخرى طويلة، وهكذا فإنه مامن شجرة واحدة تطيق تحمل ثمن ألا تكون كذلك. فسيغلب عليها الظل لو كانت قصيرة. وهذه هى الحقيقة فى جوهرها، ولكنها تزعج الانسان بعقلة الموجه اقتصاديا. فالأمر يبدو بلا هدف تماما ومبدّد تماما. فعندما تكون كل الأشجار فى ارتفاع قمة الغابة، فإنها كلها تقريبا تتعرض للشمس تعرضا متساويا ولا يستطيع أى منها تحمل ثمن أن يكون طوله أقصر. ولكن لو أنها «كلها» كانت أقصر، لو أمكن إقامة نوع من اتفاق نقابى يخفض الطول المعروف لقمة الغابة، فإن

الأشجار «كلها» سوف تستفيد. وهى ستتنافس إحداها مع الأخرى عند طول القمة الجديد حول نفس القدر بالضبط من ضوء الشمس، ولكنها ستكون جميعا قد «دفعت» تكلفة نمو أقل كثيرا لتصل إلى طول القمة. وسوف يستفيد الإقتصاد الكلى للغابة، كما ستستفيد كل شجرة مفردة. ولسوء الحظ فإن الانتخاب الطبيعى لا يبالى بأمر الاقتصاديات الكلية، وليس من مكان فيه للكارتلات والاتفاقات. فقد حدث هناك سباق تسلح زادت فيه أشجار الغابة نموا بمرور الأجيال. وفى كل مرحلة من السباق لم يكن ثمة فائدة جبلية بذاتها فى أن تكون الأشجار طولية. وفى كل مرحلة من سباق التسلح كانت النقطة المهمة الوحيدة فى أن تكون الشجرة طويلة هى أن تصبح نسبيا «أطول» من الأشجار المجاورة.

ومع هدوء سباق التسلح، كان متوسط طول الأشجار لقمة الغابة قد تزايد. ولكن الفائدة التى تنالها الأشجار من كونها طويلة لم تتزايد. والواقع أنها تدهورت بسبب التكلفة المتزايدة للنمو. فقد زادت الأجيال المتتابعة من الأشجار طولا بعد طول، على أنها فى النهاية ربما كان الأفضل لها بأحد المعانى لو أنها ظلت باقية حيث بدأت. وهنا إذن تكون الصلة بأليس والملكة الحمراء، على أنك يمكنك أن ترى أن الأمر فى حالة الأشجار ليس فيه حقا أى مفارقة. إنه مما يميز سباقات التسلح عامة، بما فيها السباقات البشرية، أنه رغم أن الأمور كلها تكون أفضل لو أن «أيا» منها لم يتصاعد، إلا أنه ما إن يُصَعَّد جانب منها فإن أيا من الآخرين لايطيق تحمل ثمن «عدم» تصاعده هو الآخر. ومرة أخرى، فيما يتفق، فإنه ينبغى أن أؤكد على أنى رويت القصة بصورة بسيطة جدا. على أنى لا أقصد أنى أعنى حرفيا أن الأشجار فى كل جيل تكون أطول من الأشجار المقابلة فى الجيل السابق، ولا أن سابق التسلح هو بالضرورة يظل مستمرا.

وثمة نقطة أخرى تصورها الأشجار وهى أنه لايلزم بالضرورة أن تكون سباقات التسلح بين أفراد من أنواع مختلفة. فالأشجار المنفردة تتعرض لأن تصاب بالأذى بسبب مايغلب عليها من ظل أفراد من نوعها نفسه مثلها من الأفراد من الأنواع الأخرى. ولعل الأمر فى الحقيقة أن الضرر يكون أكثر من أفراد نوعها، لأن الكائنات الحية يكون تهديدها من المنافسة من نوعها نفسه أخطر مما من الأنواع الأخرى. فالأفراد التى من النوع ذاته تتنافس

على نفس المصادر، تنافسا فى تفاصيل أكثر من تنافس الأنواع الأخرى. وتوجد أيضا سباقات تسلح داخل الأنواع بين دورى الذكور والإناث، وبين دورى الوالدين والذرية. وقد ناقشت ذلك فى «الجين الأنانى» ولن أتابعه هنا لأكثر من ذلك.

وقصة الشجرة تسمح لى بإدخال تمييز مهم عام بين نوعين من سباق التسلح، يسميان سباق التسلح السمترى وغير السمترى. وسباق التسلح السمترى يكون بين متنافسين يحاول كل منهم أن يفعل بالآخر نفس الشئ تقريبا. ومثل ذلك سباق التسلح الذى بين أشجار الغابة وهى تكافح للوصول إلى الضوء. والأنواع المختلفة من الأشجار ليست كلها تكسب عيشها بنفس الطريقة تماما، ولكن فيما يختص بهذا السباق المعين الذى نتحدث عنه ـ السباق إلى ضوء الشمس الذى يعلو قمة الغابة ـ فإنها تتنافس على نفس المصدر. فهى تشترك فى سباق تسلح حيث نجاح أحد الأطراف يحس به الطرف الآخر كفشل. وهو سباق تسلح سمترى لأن طبيعة النجاح والفشل عند الجانبين واحدة: الحصول على ضوء الشمس أو غلبة الظل بالنسبة لكل.

على أن سباق التسلح بين فهود الشيتا والغزلان، هو سباق غير سمترى. وهو سباق تسلح حقيقى حيث نجاح أحد الطرفين يحس به الطرف الآخر كفشل. ولكن طبيعة النجاح والفشل عند الجانبين تختلف اختلافا تاما. إن الجانبين «يحاولان» فعل أشياء مختلفة جدا. ففهود الشيتا تحاول أن تأكل الغزلان. والغزلان لاتحاول أكل فهود الشيتا، فهى تحاول تجنب أن تأكلها فهود الشيتا. ومن وجهة النظر التطورية فإن سباقات التسلح غير السمترية هى أكثر إثارة للإهتمام، لأنها يكبر فيها احتمال توليد نظم أسلحة على درجة عالية من التركب. ويمكننا أن نرى السبب فى ذلك بأن نأخذ المثل من تكنولوجيا الأسلحة البشرية.

وأستطيع أن استخدم الولايات المتحدة، والاتحاد السوفييتى كأمثلة، على أنه مامن حاجة فى الحقيقة لأن أذكر دولا معينة. فالأسلحة التى تصنعها الشركات فى أى من البلاد الصناعية المتقدمة قد يحدث فى النهاية أن يتم شراؤها بواسطة أى دولة من شتى أنواع الدول. ووجود أى سلاح عدوانى ناجح كنوع صواريخ اكسوست الذى يسف على

الأسطح، يتجه إلى أن «يدعو» إلى ابتكار مضاد فعال له، كأن يكون مثلا وسيلة تشويش لاسلكى تحدث «تشوشا» فى نظام التحكم فى الصاروخ. وأكثر مايحتمل أن الأداة المضادة لاتنتجها دولة معادية وإنما قد تنتجها الدولة نفسها بل والشركة نفسها! وعلى كل، فإن أكثر الشركات استعدادا لتصميم أداة التشويش على صاروخ بذاته هى فى المقام الأول الشركة التى صنعت الصاروخ. وليس ثمة مايؤدى جبليا إلى إنقاص الإحتمال بأن تقوم نفس الشركة بإنتاج الاثنين وبيعهما إلى الطرفين المعاديين فى حرب ما. ولدى من القدرة على السخرية ما يكفى لأن أطرح اعتقادى بأن هذا هو ما يحتمل أنه يحدث، وهو يصور تصويرا حيويا فكرة تحسين «التجهيز» بينما تظل «فعاليته» النهائية ثابتة كما هى (مع تزايد تكلفته).

ومن وجهة نظرى الحالية فإن السؤال عما إذا كان المنتجون على الجانبين المعاديين فى سباق تسلح بشرى يعادى أحدهم الآخر، أو يطابق أحدهم الآخر، لهو مما لا يتعلق بالموضوع، وهو هكذا بما يثير الاهتمام. فالأمر المهم هو أنه، بصرف النظر عن المنتجين، فإن الأدوات المنتجة نفسها تكون إحداها عدوة للأخرى بالمعنى الخاص الذى حددته فى هذا الفصل. فالصاروخ، وأداة التشويش الخاصة به، كل منهما عدو للآخر، بمعنى أن نجاح أحدهما يرادف فشل الآخر. ولايتعلق بذلك إذا كان مصمموها أيضا أحدهم عدو للآخر، وإن كان من المحتمل أن يصبح الأمر أسهل لو افترضنا أنهم أعداء.

وحتى الآن فقد ناقشت مثل الصاروخ وترياقه الخاصه به دون أن أضغط على الجانب التطورى التقدمى، الذى هو على كل حال السبب الرئيسى لأن أتينا به إلى هذا الفصل. والنقطة هنا ليست فحسب أن التصميم الحالى لأحد الصواريخ هو فعلا يدعو إلى، أو يستدعى قدما، الترياق الملائم، كما مثلا فى أداة تشويش لاسلكية. فمضاد الصاروخ بدوره يدعو إلى تحسين تصميم الصاروخ، وهو تحسين يضاد الترياق بالذات، فهو أداة مضادة لمضاد الصاروخ. فالأمر كما لو كان كل تحسين للصاروخ يحفز إلى التحسين التالى «بذاته»، عن طريق تأثيره فى الترياق. فتحسين التجهيز يغذى نفسه بنفسه. وهذه وصفة لتطور متفجر منطلق.

وفى النهاية بعد بضع سنوات من هذا التكرار المضجر للاختراع ومضاد الاختراع، فإن الصورة الجارية لكل من القذيفة وترياقها تكون قد وصلت إلى درجة عالية جدا من التعقد. على أنه فى نفس الوقت ـ وهنا تأتى ظاهرة الملكة الحمراء ثانية ـ فما من سبب عام لتوقع أن أيا من أطراف سباق التسلح سيكون ناجحا فى أداء مهمته أكثر مما كان عليه عند بداية سباق التسلح. والحقيقة أنه لو كان كل من القذيفة ومضادها يتحسنان بنفس السرعة،فإننا يمكن أن نتوقع أن أحدث الصور وأكثرها تقدما وتعقدا، هى وأقدم الصور وأكثرها بدائية وبساطة يكون كل منهما بنفس درجة النجاح بالضبط إزاء وسيلته المضادة المعاصرة له. فهناك تقدم فى التصميم، ولكن ليس ثمة تقدم فى الإنجاز، والسبب على وجه الخصوص أنه يوجد تقدم متساوى فى التصميم عند جانبى سباق التسلح. والحقيقة أنه بالضبط «بسبب» مايوجد من تقدم متساو تقريبا فى الجانبين فإنه يحدث مثل هذا التقدم الكبير فى مستوى التصميم المعقد. ولو أن أحدا الطرفين، وليكن مثلا أداة التشويش على الصاروخ، قد تقدم أماما بأكثر كثيرا من الجانب الآخر فى سباق التسلح، فإن الجانب الآخر، وهو الصاروخ فى هذه الحالة، سيوقف ببساطة استخدامه وانتاجه: سيصيبه «الانقراض». وظاهرة الملكة الحمراء عندما تكون فى سياق سباق التسلح لهى أبعد من أن تكون مفارقة كما فى المثل الأصلى لأليس، وإنما يثبت فى النهاية أنها أساسية بالنسبة لفكرة التقدم المطرد ذاتها.

لقد قلت أن سباقات التسلح غير السمترية تؤدى إلى تحسينات مطردة التقدم ومُثيرة للاهتمام بما هو أكثر احتمالا مما فى السباقات السمترية، ويمكننا الآن أن نرى سبب ذلك بأن نستخدم الأسلحة البشرية لتوضيح هذه النقطة. فلو كان عند أحد الدول قنبلة قوتها ٢ ـ ميجاطن، فسوف تصنع الدولة المعادية قنبلة قوتها ٥ ـ ميجاطن. وسيثير ذلك الدولة الأولى لتصنع قنبلة قوتها ١٠ ـ ميجا طن، الأمر الذى يثير بدوره الدولة الثانية لتصنع قنبلة قوتها ٢٠ ـ ميجا طن، وهلم جرا. وهذا سباق أسلحة يتزايد تقدما حقيقة: وكل تقدم فى أحد الجانبين يثير تقدما مضادا فى الجانب الآخر، والنتيجة هى زيادة مطردة فى إحدى الخصائص على مر الوقت ـ وهى فى هذه الحالة قوة تفجر القنابل. على أنه لايوجد تقابل الواحد بالواحد بالتفصيل فيما بين التصميمات فى سباق التسلح السمترى هذا، فليس هناك «تشابك»، أو «تداخل» فى تفاصيل التصميم كما فى سباق تسلح غير

سمترى، كما يحدث بين الصاروخ وأداة التشويش على الصاروخ. فأداة التشويش قد صممت خصيصا للتغلب على قسمات تفصيلية معينة فى الصاروخ، ومصمم الترياق يضع فى حسبانه تفاصيل دقيقة بتصميم الصاروخ. ثم يحدث عند تصميم مضاد للترياق، أن يستخدم مصمم الجيل التالى من الصواريخ معرفته للتصميم التفصيلى للترياق المضاد للجيل السابق. ولا يصدق هذا على القنابل التى تتزايد أبدا قوتها بالميجا طن. ومن المؤكد أن المصممين فى أحد الجانبين ربما يسرقون من الجانب الآخر أفكارا جيدة، ويقلدون بعض قسمات التصميم عنده. ولكن حتى لو حدث هذا، فإنه أمر عارض. وليس من «الضرورى» لتصميم قنبلة روسية أنه ينبغى أن يكون لها بالتفصيل تقابل الواحد بالواحد بالنسبة للتفصيلات الخاصة بقنبلة أمريكية. أما فى حالة سباق التسلح غير السمترى بين سلالة من الأسلحة والترياقات الخاصة بهذه الأسلحة، فإن تقابلات الواحد بالواحد هى التى تؤدى عبر «الأجيال» المتتالية إلى تعاظم التعقيد والتركب بما لا نهاية له.

وإننا لنتوقع أننا فى العالم الحى أيضا سنجد تصميما مركبا معقدا حيثما تعاملنا مع المنتجات النهائية لسباق تسلح طويل لاسمترى حيث أوجه التقدم عند أحد الجانبين يتوافق معها دائما على الجانب الآخر «ترياقات» تساويها نجاحا (فى مواجهة المنافسين) على أساس من تقابل الواحد بالواحد والنقطة بالنقطة. ومن الواضح أن هذا يصدق على سباقات التسلح بين الضوارى وفرائسها، ولعله يصدق أكثر على سباقات التسلح بين الطفيليات وعائليها. ونظام أسلحة الخفافيش الالكترونية والصوتية الذى ناقشناه فى الفصل الثانى، فيه كل التعقد المنضبط بدقة، مما نتوقعه من المنتجات النهائية لسباق تسلح طويل. ويمكننا بما لايثير أى دهشة أن نتتبع سباق التسلح هذا نفسه عند الجانب الآخر. فالحشرات التى يفترسها الخفاش لديها بطارية مقابلة من الأجهزة الالكترونية والصوتية المعقدة. بل إن بعض أنواع الفراشات تبث ما يشبه الأمواج (فوق) الصوتية للخفافيش، ويبدو أنها هكذا تصد الخفافيش. والحيوانات كلها تقريبا إما فى خطر من أن تؤكل بحيوانات أخرى أو فى خطر من أن تفشل فى أكل الحيوانات الأخرى، وثمة قدر هائل من الحقائق التفصيلية عن الحيوانات لا يكون له معنى إلا لو تذكرنا أنها المنتجات النهائية لسباقات تسلح طويلة ومريرة. وقد قام هـ.ب. كوت، مؤلف الكتاب الكلاسيكى «تلوّن الحيوان» بشرح هذا

الرأى جيدا سنة ١٩٤٠ ، فيما قد يكون أول استخدام تم نشره عن مثال لسباق التسلح فى البيولوجيا:

«قبل أن نقرر أن المظهر الخداع لأحد الجنادب أو لإحدى الفراشات، فيه تفاصيل غير ضرورية، ينبغى أن نتأكد أولا من ماهية قوى الإدراك والتمييز عند الأعداء الطبيعيين لهذه الحشرات. وإن لم نفعل ذلك نكون كمن يقرر أن دروع إحدى البوارج أثقل من اللازم، أو أن مدى مدافعها أطول من اللازم، دون أن نبحث طبيعة وفعالية أسلحة العدو. والحقيقة هى أننا سنرى فى الصراع البدائى بالغابة، كما فى إرهافات الحرب المتمدينة، سباق تسلح هائل متطور يتزايد تقدما ـ تتبدى نتائجه بالنسبة للدفاع فى أدوات مثل السرعة، واليقظة، والدروع، والأشواك، وعادات الحفر، والعادات الليلية، والإفرازات السامة، والمذاق الردئ و(التمويه والأنواع الأخرى من التلون الوقائى) ، أما بالنسبة للهجموم فتتبدى النتائج فى خصائص مضادة مثل السرعة، والمفاجأة، والكمين، والإغراء، وحدة البصر، والمخالب، والأسنان واللدغ، والأنياب السامة، و (الشراك الخداعية) . وكما أن السرعة الأعظم عند المطارَد قد تمت تنميتها تنمية متعلقة بالسرعة المتزايدة عند المطارِد، أو كما تمت تنمية الدرع الواقى تنمية متعلقة بالأسلحة العدوانية، فإنه يماثل ذلك تماما أن إتقان وسائل الإخفاء قد تطور كرد فعل لتزايد قوى الإدراك» .

وسباقات التسلح فى التكونولوجيا البشرية أسهل فى دراستها من مرادفاتها البيولوجية لأنها أسرع كثيرا. والواقع أننا يمكننا أن نراها فى تواصلها من سنة لأخرى. أما من الناحية الأخرى فإننا فى حالة سباق التسلح البيولوجى لانستطيع أن نرى إلا المنتجات النهائية. وأحيانا يحدث فى النادر جدا أن يتحجر حيوان أو نبات ميت، فيصبح من الممكن آنذاك أن نرى بصورة أكثر مباشرة بعض الشئ، المراحل المطردة التقدم فى سباق تسلح الحيوان. وأحد أمثلة ذلك الشيقة بأكثر تختص بسباق التسلح الالكترونى، كما يظهر من أحجام المخ فى الحيوانات المتحجرة.

والأمخاخ نفسها لاتتحجر، ولكن الجماجم تفعل، والتجويف الذى يحوى المخ ـ خزانه المخ ـ إذا تم تفسيره بحرص لأمكن أن يعطى دلالة طيبة على حجم المخ. ولقد

قلت «إذا تم تفسيره بحرص»، والشرط هنا شرط مهم. ومن بين مشاكل أخرى كثيرة توجد المشكلة التالية، وهى أن الحيوانات الكبيرة تنزع لأن يكون لها أمخاخ كبيرة، والسبب فى جزء منه هو مجرد أنها كبيرة، ولكن هذا لايعنى بالضرورة أنها بأى معنى مهم «اكثر براعة». والأفيال لها أمخاخ أكبر من البشر، ولكننا نحب أن نتصور، بما يحتمل أن يكون صحيحا إلى حد ما، أننا أبرع من الأفيال وأن أمخاخنا هى «فى الواقع» أكبر لو أخذنا فى الإعتبار حقيقة أننا حيوانات حجمها أصغر كثيرا. ومن المؤكد أن أمخاخنا تشغل «نسبة» من أجسادنا أكبر كثيراً مما تشغله أمخاخ الفيلة، كما يتضح من شكل جماجمنا الناتئ. وليس هذا «مجرد» غرور بالنوع، ومن المفروض أن جزءا أساسيا من أى مخ هو لازم لأداء إجراءات الرعاية الروتينية فيما يختص بالجسد، فالجسد الكبير يلزم له أوتوماتيكيا مخ كبير لهذا السبب. وينبغى أن نجد طريقة ما «لنطرح» من حساباتنا ذلك الجزء من المخ الذى يمكن نسبته ببساطة إلى حجم الجسم، بحيث يمكننا مقارنة ما يتبقى من ذلك على أنه «الذكائية» Braininess الحقيقية للحيوانات. وهذه طريقة أخرى نقول بها أننا فى حاجة إلى طريقة ما تصلح لأن نعرّف بالضبط مانعنيه بالذكائية الحقة. والأفراد المختلفون تكون لهم الحرية فى التوصل إلى طرق مختلفة للقيام بهذه الحسابات، على أن ثمة دالة يحتمل أنها الأكثر ثقة وهى «المعامل الدماغى» Encephalization quotient (EQ)، الذى استخدمه هارى جريسون، أحد الثقات الأمريكان المبرزين فى تاريخ المخ.

والمعامل الدماغى يتم حسابه فى الواقع بطريقة معقدة إلى حد ما، بحساب لوغاريتمات وزن المخ ووزن الجسم، ومعايرتها إزاء الأرقام المتوسطة لمجموعة أساسية مثل الثدييات ككل. وكما أن «معامل الذكاء» IQ الذى يستخدم (أو لعله يساء استخدامه) بواسطة علماء النفس من البشر تتم معايرته إزاد متوسط لعشيرة بأسرها، فإنه بمثل ذلك تماما يعاير المعامل الدماغى مثلا إزاء الثدييات ككل. وكما أن معامل ذكاء من ١٠٠ يعنى بالتعريف معامل ذكاء مطابق لمتوسط العشيرة ككل، فإنه يماثل ذلك تماما أن معاملا دماغيا من ١ يعنى بالتعريف معاملا دماغيا يطابق مثلا متوسط الثدييات التى من هذا الحجم. وتفاصيل التكنيك الرياضى ليست من المهم. وبكلمات، فإن المعامل الدماغى لنوع بعينه مثل الخراتيت أو القطط، هى مقياس لمدى كون مخ الحيوان أكبر (أو أصغر) مما ينبغى أن

«نتوقع» أنه يكونه، بمعرفة حجم جسم الحيوان. ومن المؤكد أن طريقة حساب هذا التوقع قابلة للنقاش والنقد. وحقيقة أن المعامل الدماغي عند البشر هو ٧ وعند أفراس النهر ٠,٣ قد لاتعني حرفيا أن البشر أبرع ثلاثة وعشرين ضعفا من أفراس النهر! ولكن المعامل الدماغي كما يقاس ربما يخبرنا «بشئ» عن كمية «القوة الحاسبة» computing power التي في رأس الحيوان، بما يزيد ويعلو عن الحد الأدنى الضروري من القوة الحاسبة اللازمة للأداء الروتيني لحجم جسده الكبير أو الصغير.

والمعاملات الدماغية التي تم قياسها للثدييات الحديثة تتباين تباينا كبيرا. فالجرذان لديها معامل دماغي يقرب من ٠,٨، وهو يقل شيئا بسيطا عن المتوسط لكل الثدييات. والسنجاب له معامل أعلى بعض الشئ يقرب من ١,٥. ولعل عالم الأشجار بأبعاده الثلاثة يتطلب قوة حاسبة زائدة للتحكم في ضبط الوثبات، بل وربما بأكثر من ذلك للتفكير في المسالك الصحيحة بين متاهة الأغصان، وهي مسالك قد تتصل أو لاتتصل فيما بعد. والقرود تزيد زيادة لها قدرها فوق المتوسط، والقردة العليا apes (وخاصة نحن) تزيد حتى زيادة أكثر. ويثبت في النهاية أن بعض الأنواع فيما بين القرود لديها معدل دماغي أعلى من الأخرى، كما يثبت بما يثير الاهتمام، أن هناك على نحو ما صلة لذلك بطريقتهم في كسب العيش: فالقردة آكلة الحشرات وآكلة الفاكهة أمخاخها، بالنسبة لحجمها، أكبر من القردة آكلة أوراق الشجر. ويكون معقولا إلى حد ما أن يحاج في ذلك بأن الحيوان يحتاج للعثور على الأوراق، التي تتوفر في كل مكان، إلى قدرة حاسبة هي أقل مما يحتاجه للعثور على الفاكهة التي قد يكون عليه أن يبحث عنها، أو أقل مما يحتاجه لاصطياد الحشرات التي تتخذ خطوات نشطة للفرار. ولسوء الحظ، فإن الأمر يبدو الآن كما لوكانت القصة الحقيقية أكثر تعقدا عن ذلك، وأن ثمة متغيرات أخرى، مثل سرعة الأيض، قد تكون أكثر أهمية. وفي الثدييات عموما، يكون للاحمات على نحو نمطي معامل دماغي أعلى قليلا من العاشبات التي تفترسها هذه اللاحمات. ولعل القارئ أن تكون لديه بعض أفكار عما قد يكونه السبب في ذلك، إلا أن من الصعب اختبار مثل هذه الأفكار. وعلى كل حال، وأيا ماكان السبب فإنه يبدو أن هذه حقيقة.

وفى هذا الكفاية عن الحيوانات الحديثة. أما مافعله جريسون فهو أنه أعاد بناء المعاملات الدماغية المحتملة للحيوانات البائدة التى لاتتواجد الآن إلا كحفريات. وقد كان عليه أن يقدر حجم المخ بصنع قوالب جصية لما هو داخل خزانات المخ. وكان لابد أن يكون فى هذا شئ كثير من التخمين والتقدير، على أن هوامش الخطأ ليست من الكبر بحيث تلغى المشروع كله. وعلى كل فإن طرق أخذ القوالب الجصية هى مما يمكن التأكد من دقته، باستخدام الحيوانات الحديثة. فنحن نزعم افتراضا أن الجمجمة المجففة هى كل مالدينا من أحد الحيوانات الحديثة، ونستخدم قالبا جصيا لتقدير حجم مخها من الجمجمة وحدها، ثم نقارنه بالمخ الحقيقى لنرى مدى دقة تقديرنا. واختبارات الدقة هذه على الجماجم الحديثة تشجع على الوثوق فى تقديرات جريسون للأمخاخ التى ماتت منذ زمن طويل. واستنتاجه هو أنه، أولا، ثمه اتجاه لأن تزيد الأمخاخ حجما بمرور ملايين السنوات. وفى أى وقت بعينه، فإن العاشبات السائدة وقتها تنزع إلى أن تكون أمخاخها أصغر من اللاجمات المعاصرة التى تقوم بافتراسها. ولكن العاشبات المتأخرة تنزع لأن تكون لها أمخاخ اكبر من العاشبات الأقدم، كما تنزع اللاحمات المتأخرة لأن تكون أمخاخها أكبر من اللاحمات الأقدم. ويبدو أن نرى فى الحفريات سباق تسلح، أو بالأحرى سلسلة سباقات تسلح ذات بدايات متجددة بين اللاحمات والعاشبات. وهذا بالذات مثل يتوازى توازيا ممتعا مع سباقات التسلح البشرية، حيث أن المخ هو الكمبيوتر المحمول على السطح والذى يستخدمه كل من اللاحمات والعاشبات. ولعل الالكترونيات هى العنصر الأسرع فى سرعة التقدم فى تكنولوجيا الأسلحة البشرية اليوم.

كيف تنتهى سباقات التسلح؟ إنها أحيانا تنتهى بأن يصل أحد الجانبين إلى الانقراض، وفى هذه الحالة فإن الجانب الآخر فيما يفترض يتوقف عن التطور فى الاتجاه المتزايد بالذات، بل إنه فى الحقيقة ربما «يرتد» لأسباب اقتصادية سوف نناقشها سريعا. وفى حالات أخرى قد تفرض الضغوط الإقتصادية وقفه استقرار لسباق التسلح، استقرار حتى ولو كان أحد جانبى السباق سيظل بمعنى ما دائما متقدما. ولنأخذ مثلا سرعة الجرى. لابد وأن ثمة حدا نهائيا للسرعة التى يستطيع فهد الشيتا أو الغزال أن يجرى بها، حد تفرضه قوانين الفيزياء. ولكن فهود الشيتا لم تصل إلى هذا الحد لاهى ولا الغزلان.

فكلاهما يجهد للتقدم إزاء حد أدنى هو، فيما أعتقد، له صفة اقتصادية. فتكنولوجيا السرعة العالية ليست زهيدة الثمن. إنها تتطلب عظاما طويلة للسيقان، وعضلات قوية، ورئات متسعة. وهذه أشياء يمكن أن يحوزها أى حيوان يحتاج حقا للجرى السريع، ولكنها مما ينبغى أن «يشترى». وهى تشترى بثمن يزيد فى ارتفاعه زيادة حادة. والثمن يقاس بما يسميه الاقتصاديون «تكلفة الفرصة البديلة» Qpportunity Cost.وتكلفة الفرصة البديلة لشئ تقاس بحاصل جمع كل الأشياء الأخرى التى يجب أن تضيع عليك حتى تمتلك هذا الشئ. وتكلفة إرسال طفل إلى مدرسة خاصة بمصروفات، هى كل الأشياء التى لاتستطيع كنتيجة لذلك تحمل ثمن شرائها: السيارة الجديدة التى لاتقدر على تحمل ثمنها، الأجازات فى دفء الشمس التى لاتقدر على تحمل ثمنها (لو أنك كنت غنيا بحث تستطيع تحمل ثمن كل هذه الأشياء بسهولة، فإن تكلفة الفرصة البديلة بالنسبة لك، عند إرسال إبنك لمدرسة خاصة قد تكون قريبة من لاشئ) . وبالنسبة لفهد الشيتا، فإن تكلفة تنمية عضلات أكبر للسيقان هو كل الأشياء الأخرى التى «كان يمكن أن يفعلها» فهد الشيتا بالمواد والطاقة التى استخدمت لصنع عضلات السيقان، كأن ينتج مثلا مزيدا من اللبن لأشباله.

وبالطبع فليس ثمة اقتراح بأن فهود الشيتا تحسب حاصل جمع حسابات التكلفة فى رؤوسها! إن الأمر يتم أوتوماتيكيا بالانتخاب الطبيعى العادى. ففهد الشيتا المتنافس الذى لايكون لديه عضلات سيقان كبيرة هكذا قد لايجرى بسرعة جد كبيرة، ولكنه سيصبح لديه من المصادر مايوفره لصنع قدر إضافى من اللبن، وبالتالى فإنه ربما يربى شبلا آخرا. وهكذا سيتربى عدد أكبر من الأشبال عند فهود الشيتا التى جهزتها جيناتها بالتوافق الأمثل بين سرعة الجرى وإنتاج اللبن وكل الاحتياجات الأخرى فى ميزانيتها. وليس من الواضح ماتكونه المقايضة المثلى بين إنتاج اللبن مثلا وسرعة الجرى. ومن المؤكد أنها ستختلف باختلاف الأنواع، وقد تتراوح من داخل كل نوع. وكل ما هو مؤكد هو أن المقايضات من هذا النوع هى مما لامفر منه. وعندما تصل فهود الشيتا والغزلان إلى أقصى سرعة يمكن «تحمل تكلفتها» حسب اقتصادياتها الداخلية، فإن سباق التسلح فيما بينها يصل إلى نهايته.

ونقطة التوقف الاقتصادى عند كل منهما قد لاتخلفهما وهما متوافقان بدرجة متساوية على وجه الدقة. فقد ينتهى الأمر بالحيوانات الفرائس وهى تنفق من ميزانيتها على الأسلحة الدفاعية ماهو أكثر نسبيا مما ينفقه مفترسوها على الأسلحة العدوانية. وأحد أسباب ذلك تلخصه الحكمة الأيسوبية التالية: يجرى الأرنب أسرع من الثعلب، لأن الأرنب يجرى لإنقاذ حياته، بينما الثعلب يجرى فحسب لغذائه. وبالمصطلح الإقتصادى، فإن هذا يعنى أن أفراد الثعالب التى تحول مصادرها إلى مشروعات أخرى، تستطيع أن يكون أداؤها أفضل من أفراد الثعالب التى تنفق حرفيا كل مصادرها على تكنولوجيا الصيد. ومن الجانب الآخر، بين عشيرة الأرانب، يتحول ميزان المنفعة الإقتصادية ناحية أفراد الأرانب الذى ينفقون الكثير على التجهيز للجرى السريع. ونتيجة هذه الميزانيات المتوازنة اقتصاديا من «داخل» النوع هى أن سباقات التسلح «بين» الأنواع تتجه إلى أن تصل إلى نهاية مستقرة على نحو متبادل، يكون أحد الجانبين فيها أكثر تقدما.

وليس من المحتمل بالنسبة لنا أن نشهد سباقات التسلح أثناء تقدمها ديناميكيا، لأنها مما لايحتمل أن يجرى فى أى «لحظة» بعينها من الزمان الجيولوجى، مثل زماننا. وإنما يمكننا تفسير الحيوانات التى نراها فى زماننا على أنها المنتجات النهائية لسباق تسلح قد جرى فيما مضى.

وكتلخيص لرسالة هذا الفصل، فإن اختيار الجينات لايتم بسبب صفاتها الجبلية، وإنما بسبب تفاعلاتها مع بيئاتها. وأحد المكونات المهمة على وجه الخصوص لبيئة جين ما هى الجينات الأخرى. والسبب العام لأنها مهمة هكذا هو أن الجينات الأخرى هى أيضا تتغير بمرور الأجيال فى التطور. ولهذا نوعان من النتائج.

الأول، أنه يعنى أن الجينات التى تحبَّذ هى التى تحوز خاصة «التعاون» مع تلك الجينات الأخرى التى يحتمل أن تلاقيها فى ظروف تحبذ التعاون. ويصدق هذا بصورة خاصة، وإن لم تكون مانعة، على الجينات من داخل النوع نفسه، لأن الجينات داخل النوع الواحد كثيرا ما تتشارك فى الخلايا أحدها مع الآخر. وقد أدى هذا إلى تطور تجمعات كبيرة من الجينات المتعاونة، وأدى فى النهاية إلى تطور الأجساد نفسها، كمنتجات لمشروعها التعاونى.

فالجسد الفردى هو مركبة كبيرة للحمل أو «ماكينة بقاء» بناها مشروع تعاون جينى، لحفظ نسخ لكل عضو فى المشروع التعاونى. والجينات تتعاون لأنها كلها سيصيبها ربح من نفس الناتج ـ بقاء وتكاثر الكيان الجموعي ـ ولأنها تؤلف جزءا مهما من البيئة التى يعمل فيها الانتخاب الطبيعى على كل من الآخرين.

وثانيا، فإن الظروف لاتحبذ التعاون دائما. فالجينات أيضا وهى فى سيرها عبر الزمان الجيولوجى يجابه أحدها الآخر فى ظروف تحبذ المعاداة. ويصدق هذا بصورة خاصة، وإن لم تكن مانعة، على الجينات فى الأنواع المختلفة. والنقطة الأساسية بالنسبة لاختلاف الأنواع هى أن جيناتها لاتمتزج ـ لأن أفراد الأنواع المختلفة لاتستطيع أن يتزاوج أحدها مع الآخر. وعندما تقوم جينات مختارة من أحد الأنواع بالإمداد بالبيئة التى يتم فيها انتخاب جينات نوع آخر، فإن النتيجة كثيرا ماتكون سباق تسلح تطورى. وكل تحسن جديد وراثى يتم انتخابه عند جانب من سباقات التسلح ـ كجانب الضوارى مثلا ـ يغير من بيئة انتخاب الجينات فى الجانب الآخر من سباق التسلح ـ جانب الفرائس. وسباقات التسلح التى من هذا النوع، هى المسئولة أساسا عن صفة «التقدم» الظاهرى للتطور، مسئولة عن تطور سرعة الجرى التى تتحسن دائما، وعن مهارة الطيران، وحدة البصر، وحدة السمع، وما إلى ذلك. وسباقات التسليح هذه لاتستمر إلى مالانهاية، ولكنها تستقر مثلا عندما يصبح المزيد من التحسينات له تكلفة اقتصادية بالنسبة لأفراد الحيوانات المعنية هى تكلفة أكثر مما ينبغى.

لقد كان هذا الفصل صعبا، إلا أنه مما يجب أن يتضمنه هذا الكتاب. فمن دونه، كان سيتخلف لدينا إحساس بأن الانتخاب الطبيعى ليس إلا عملية مخرّبة، أو على الأحسن عملية اقتلاع لأعشاب. وقد رأينا طريقين يمكن فيهما للانتخاب الطبيعى أن يكون قوة «بناءة». وأحدهما يختص بعلاقات التعاون بين الجينات من داخل النوع. وفرضنا الأساسى كما يجب أن يكون هو أن الجينات كيانات «أنانية» تعمل فى سبيل انتشارها الخاص بها فى مستودع جينات النوع. ولكن لما كانت بيئة جين ما تتألف على نحو ملحوظ من الجينات «الأخرى» التى يتم أيضا انتخابها فى نفس مستودع الجينات، فإن

الجينات تحبَّذ عندما تحسن التعاون مع الجينات الأخرى فى نفس مستودع الجينات. وهذا هو السبب فى تطوير أجساد كبيرة من الخلايا التى تعمل متآزرة من أجل نفس الأهداف التعاونية. وهذا هو السبب فى وجود الأجساد، بدلا من ناسخات منفصلة لاتزال تناضل خارجة من الحساء الأولى.

وتتطور الأجساد فى تكامل وتهادف متآزر لأن الجينات يتم انتخابها فى بيئة أمدت بها جينات أخرى «من داخل النوع نفسه». ولكن لما كانت الجينات يتم انتخابها أيضا فى بيئة أمدت بها جينات أخرى للأنواع المختلفة، فإنه ينشأ سباق للتسلح. وسباقات التسلح تؤلف القوة العظمى الأخرى التى تدفع التطور فى اتجاهات نتعرف عليها على أنها «تصميم» مركب «متقدم». وسباقات التسلح فيها جبليا ما يُحسَ بأنه شئ غير مستقر و«منطلق». فهى تعمل للمستقبل بطريقة هى فى معنى ما بلا هدف وبلا جدوى، وفى معنى آخر فإنها تتزايد تقدما بما يسحرنا نحن مراقبوها سحرا لا نهاية له. والفصل التالى يتخذ لنفسه قضية بعينها، هى بالحرى القضية الخاصة بالتطور المتفجر المنطلق، القضية التى سماها داروين الانتخاب الجنسى Sexual Selection.

الفصل الثامن

انفجارات ولوالب

المخ البشرى يُعمل القياس بالتماثل على نحو متمكن. فنحن مدفوعون قسرا إلى رؤية معنى ما فى التماثلات البسيطة التى تكون بين عمليات تختلف إختلافا بالغا. ولقد قضيت يوما فى بنما أرقب مستعمرتين محتشدتين من النمل الآكل للأوراق وهما تتحاربان، وأخذ ذهنى، بما لايقاوَم، فى مقارنة ميدان القتال الذى تبعثرت فيه الأوصال بالصور التى رأيتها عن معركة باستشنديل، وكدت أسمع المدافع وأشم رائحة الدخان. وبعد نشر كتابى الأول «الجين الأنانى» بزمن قصير اتصل بى رجلادين كل منهما مستقلا عن الآخر، وكلاهما قد وصلا إلى نفس التماثل بين الأفكار التى فى الكتاب ومبدأ الخطيئة الأصلية. وقد طبق داروين على نحو متميز فكرة التطور على الكائنات العضوية الحية التى تغير شكل جسدها عبر أجيال لاتحصى. وأُغرى خلفاؤه بأن يروا التطور فى كل شئ، فى الشكل المتغير للكون، وفى «مراحل» نمو المدنيات البشرية، وفى موضات أطوال التنورات. وأحيانا يكون هذا القياس بالتماثل مفيدا إلى حد هائل، على أن من السهل دفع التماثل إلى أبعد مما يجب، ويحدث فرط إثارة بشأن تماثلات هى من الضعف بحيث لايمكن أن تكون مما يفيد، أو أنها حتى ضارة بكل معنى الكلمة. وقد تعودت أن أتلقى نصيبى من بريد المهاويس، وتعلمت أن إحدى العلامات المميزة للهوس هى الحماس المفرط فى القياس بالتماثل.

ومن الناحية الأخرى فإن بعضا من أعظم أوجه التقدم فى العلم قد تأتت من أن أحد الأشخاص البارعين قد اكتشفت تماثلا بين أحد الموضوعات المفهومة من قبل، وموضوع

آخر مازال غامضا. وسر اللعبة هنا هو الوصول إلى التوازن فى القياس بالتماثل بين ناحية فيها الكثير جدا من عدم التحدد وناحية أخرى فيها عماء جدب لايرى التماثلات المفيدة. والأمر الذى يفصل العالم الناجح عن المهووس الذى يهذى هو نوع الالهام عندهما. على أنى أخال أن هذا يصل عند التطبيق إلى فارق، لايكون فارقا فى القدرة على «ملاحظة» التماثلات بقدر ما يكون فى القدرة على «رفض» التماثلات الخرقاء ومتابعة تلك المفيدة. وإذا تجاوزنا عن حقيقة أن مالدينا هنا ليس غير تماثل آخر هو بين التقدم العلمى والانتخاب التطورى الدارويني ولايعدو أنه قد يكون إما أخرقا أو مفيدا (وهو على وجه التأكيد ليس أصيلا)، إذا تجاوزنا عن هذه الحقيقة فإنى أسمح لنفسى الآن أن أصل بكم إلى النقطة المتعلقة بهذا الفصل، وهى أننى على وشك أن أحط على تماثلين متداخلين فى نسيجهما، أجد فيهما ما يبعث إلهاما وإن كان مما يمكن أن يأخذنا إلى أبعد مما يجب لو لم نتخذ الحيطة. والتماثل الأول هو بين عمليات مختلفة تتحد فى مشابهتها للانفجارات. والثانى هو تماثل بين التطور الدارويني الحقيقى وما أطلق عليه التطور الحضارى. ومن الواضح أنى أعتقد أن هذين التماثلين قد يكونا مفيدين، وإلا لما كرست أحد الفصول لهما. على أنى قد حذرت القارئ.

إن خاصية الانفجارات فيما يتعلق بالموضوع هى تلك الخاصية التى يعرفها المهندسون باسم «التغذية المرتدة الموجبة» Positive feedback. والتغذية المرتدة الموجبة تفهم أحسن الفهم بأن تقارن بعكسها، أى بالتغذية السالبة. والتغذية المرتدة السالبة هى أساس معظم التحكم والتنظيم الأوتوماتكيين، وأحد أبرع وأشهر أمثلتها هو منظم وات للبخار. إن المحرك ذا الفائدة ينبغى أن يوصل قوة دوران ذات سرعة ثابتة، هى السرعة المناسبة للمهمة التى يقوم بها، الفرز، أو النسيج، أو الضخ أو أيا مما يتفق أن تكونه. والمشكلة قبل وات، كانت أن سرعة الدروان تعتمد على ضغط البخار. زد نيران المرجل وسوف تزيد سرعة المحرك، وهذا حال لايلائم فرازة أو نولا حيث يتطلب الأمر دفعا متسقا للماكينات، ومنظم وات هو صمام أو توماتيكى ينظم تدفق البخار إلى المكبس.

وحيلة وات البارعة هى وصل الصمام بحركة الدوران التى ينتجها المحرك، وذلك بطريقة ينتج عنها أنه كلما زادت سرعة المحرك زاد غلق الصمام للبخار. وعلى العكس،

فإنه عندما تبطئ سرعة المحرك ينفتح الصمام. وهكذا فإن المحرك الذى يدور بأبطأ من اللازم سرعان ما تزيد سرعته، والمحرك الذى يدور بأسرع من اللازم سرعان ماتبطئ سرعته. والوسيلة الدقيقة التي يقيس بها المنظم السرعة هى وسيلة بسيطة ولكنها فعالة، ومازال هذا المبدأ يستخدم حتى الآن. فثمة كرتان على ذراعين بمفصلات تدوران فيما حولهما مدفوعتين بالمحرك. وعندما تدور الكرتان بسرعة فإنهما ترتفعان على مفصلاتهما بالقوة الدافعة المركزية. وعندما تدوران ببطء فإنهما تتدليان لأسفل. والذراعان ذوى المفصلات يتصلان مباشرة بالصمام الخانق للبخار. وبضبط منظم وات الضبط المرهف المناسب فإنه يمكنه أن يحفظ دوران المحرك البخارى بما يكاد يكون سرعة ثابتة فى مواجهة التراوحات التى تحدث بما له اعتباره فى فرن الاشتعال.

والمبدأ الكامن فى منظم وات هو التغذية المرتدة السالبة.فالمُخرج من المحرك (وهو فى هذه الحالة حركة الدوران) تعاد تغذيته إلى المحرك (عن طريق صمام البخار). والتغذية المرتدة هى «سالبة» لأن مُخرَجا عاليا (الدوران السريع للكرات) له تأثير سالب على المُدخَل (الإمداد بالبخار). وعلى العكس، فإن مُخرَجًا منخفضا (الدوران البطئ للكرات) يعزز من المُدخل (من البخار)، فيعكس العلامة مرة أخرى. على أنى قدمت فكرة التغذية المرتدة السالبة حتى أباينها فحسب مع التغذية المرتده الموجبة. هيا نأخذ محرك بخارى يتحكم فيه منظم وات، وندخل فيه تعديلا حاسما. سوف نغير نوع العلامة فى العلاقة بين جهاز كرات الطرد المركزى وصمام البخار. والآن، فإن الكرات عندما تدور بسرعة، فإن الصمام بدلا من أن ينغلق كما صنعه وات، فإنه «ينفتح». وعلى العكس، فعندما تدور الكرات بطيئا، فإن الصمام بدلا من أن يزيد من تدفق البخار، فإنه سيقلله. وفى المحرك الذى يحكمه منظم وات بطريقة طبيعية، عندما يبدأ المحرك فى إبطاء سرعته سرعان مايتم تصحيح هذا الإتجاه فتزيد سرعته ثانية للسرعة المطلوبة. أما محركنا الذى عدلناه فإنه يفعل العكس تماما. فعندما يبدأ فى إبطاء سرعته، فإن هذا يجعله حتى يزيد بطئا. وسرعان مايخنق نفسه حتى يتوقف. ومن الناحية الأخرى، إذا حدث لمثل هذا المحرك المعدل أن زادت سرعته قليلا، فبدلا من أن يتم تصحيح هذا الاتجاه كما يحدث فى محرك وات الأصلى، فإن هذا الاتجاه يزيد. ويتدعم الاسراع البسيط، بالمنظم المعكوس فتتزايد سرعة المحرك. فزيادة

السرعة تعطى تغذية مرتدة موجبة، فيزداد المحرك سرعة. ويستمر هذا حتى يحدث أن يتحطم المحرك بفعل الإجهاد، وتخترق الحدافه المنطلقة جدار المصنع، أو لا يصبح ضغط البخار متاحا بعد بما يفرض سرعة قصوى.

وبينما يستخدم منظم وات الأصلى التغذية المرتدة السالبة، فإن منظمنا الافتراضى المعدل يمثل العملية المضادة من التغذية المرتدة الموجبة. وعمليات التغذية المرتدة الموجبة لها صفة من انطلاق غير مستقر. فهى مع زيادة سرعة الدورات الابتدائية زيادة بسيطة لاتلبث أن تنطلق فى تزايد لولبى لايتوقف قط، وينتهى إما بكارثة أو فى اختناق نهائى عند مستوى ما أعلى بسبب من عملية أخرى. وقد وجد المهندسون أن من المفيد توحيد عمليات تتنوع تنوعا واسعا تحت عنوان واحد هو التغذية السالبة المرتدة، وتوحيد عمليات أخرى واسعة التنوع تحت عنوان التغذية المرتدة الموجبة. وهذه التماثلات مفيدة ليس لمجرد معنى وصفى غامض، وإنما لأن كل هذه العمليات تتشارك فى الرياضيات نفسها التى فى الأساس منها. وقد وجد البيولوجيون وهم يدرسون ظواهر مثل التحكم فى حرارة الجسم، وميكانزمات الإشباع التى تمنع فرط الأكل، أن من المفيد اقتراض رياضيات التغذية المرتدة السالبة من المهندسين. ونظم التغذية المرتدة الموجبة تستخدم أقل من السالبة، سواء عند المهندسين أو الأجسام الحية، ورغم هذا إلا أن التغذية المرتدة الموجبة هى موضوع هذا الفصل.

والسبب فى أن المهندسين هم والأجسام الحية «يستخدمون نظم التغذية المرتدة السالبة أكثر من الموجبة هو بالطبع أن التحكم فى التنظيم بما يكون على مقربة من الحد الأمثل لهو أمر مفيد. أما عمليات الانطلاق غير المستقرة، فهى أبعد من أن تكون مفيدة، فيمكن أن تكون خطرة بكل معنى الكلمة. وفى الكيمياء، فإن المثل النموذجى لعملية التغذية المرتدة الموجبة هو الانفجار. ونحن عادة نستخدم كلمة متفجرة فى وصف أى عملية فيها انطلاق. فنحن قد نشير مثلا إلى أحد الأشخاص على أنه ذو مزاج متفجر. وقد كان أحد مدرسىّ رجلا مثقفا مجاملا وعادة مهذبا. إلا أنه كانت تحدث له انفجارات مزاجيه طارئة، الأمر الذى كان يدركه هو نفسه. وعندما كان يُستفز فى الفصل أقصى الاستفزاز فإنه كان لايقول شيئا فى أول الأمر، ولكن وجهه كان يبدى أن ثمة شيئا غير عادى يجرى

من داخله. وبعدها، فإنه يبدأ فى صوت هادئ وبنغمة معقولة فيقول: «ياللأسف. ماعدت أقدر على ضبط نفسى، سوف يحتد مزاجى. إنزلوا تحت قماطركم. إنى أنذركم. إن النوبة آتية». وأثناء هذا كله يتصاعد صوته، وعند الذروة فإنه قد يمسك بكل شئ فى متناول يده، الكتب، ممحاوات السبورة بظهورها الخشبية، ثقالات الورق، أوعية المداد، ويطوح بها فى تتابع سريع، بأقصى سرعة وقوة، وإن كان يسددها بوحشية فى الاتجاه العام للصبى الذى استفزه. ثم مايلبث أن يهدأ مزاجه تدريجيا، وفى اليوم التالى يقدم أرق الاعتذار لنفس الصبى. فقد كان يدرك أنه قد فقد تحكمه فى نفسه، فكان يشهد نفسه وقد أصبح ضحية للولب من التغذية المرتدة الموجبة.

ولكن التغذية المرتدة الموجبة لاتؤدى فحسب إلى زيادات منطلقة، وإنما يمكنها أن تؤدى أيضا إلى انخفاضات منطلقة. وقد حضرت مؤخرا نقاشا فى إجتماع «اللجنة»، أى «برلمان» جامعة أوكسفورد، وكان يدور حول إمكان منح درجة شرفية إلى أحد الأفراد. وعادة فإن قرارا كهذا يكون مثار الجدل. وبعد إعطاء الأصوات، وأثناء الدقائق الخمس عشرة التى تطلبها إحصاء أوراق التصويت، كان ثمة همهمة عامة من الحوار الدائر بين من كانوا ينتظرون سماع النتيجة. وعند نقطة ما مات الحديث بطريقة غريبة. فكان ثمة صمت مطبق. وكان سبب ذلك هو نوع بعينه من التغذية المرتدة الموجبة. وقد كان فعلها كالتالى. أثناء أى طنين عام من المحادثات لابد من وقوع تراوحت عارضة فى مستوى الضجة، لأعلى ولأسفل، الأمر الذى لانلاحظه عادة. وقد اتفق أن أحد هذه التراوحات العارضة كان فى اتجاه السكون، وكان إلى حد ما أكثر من المعتاد، مما نتج عنه أن لاحظه بعض الناس. ولما كان كل فرد ينتظر إعلان نتيجة التصويت فى قلق، فإن أولئك الذين سمعوا الانخفاض العشوائى فى مستوى الضجة رفعوا أبصارهم وتوقفوا عن الحديث. وسبّب ذلك أن انخفض المستوى العام للضجة إلى مستوى أقل شيئا ما، مما نتج عنه أن لاحظ الأمر المزيد من الأفراد فتوقفوا عن حديثهم. وهكذا بدأت تغذية مرتدة موجبة استمرت على نحو يكاد يكون سريعا حتى أصبح هناك صمت كلى فى القاعة. وبعدها، حينما تبينا أن هذا كان إنذارا زائفا، كان ثمة ضحكة تبعها تصاعد بطئ فى الضجة لتعود إلى مستواها السابق.

وأكثر التغذيات المرتدة الموجبة الملحوظة والمثيرة هى ماينتج عنها الانطلاق المتزايد لشئ ما وليس المتناقص: كانفجار نووى، أو مدرس يحتد مزاجه، أو شجار فى حانة، أو قذف متصاعد فى الامم المتحدة (ولعل القارئ أن يلتفت هنا إلى التحذير الذى بدأت به هذا الفصل). وأهمية التغذية المرتدة الموجبة فى الشئون الدولية يتم التعرف عليها ضمنا فى مصطلح من الرطانه هو كلمة «التصعيد»: عندما نقول أن الشرق الأوسط «برميل بارود»، أو عندما نحدد «نقط الاشتعال». ومن بين أشهر التعبيرات عن فكرة التغذية المرتدة الموجبة ماورد فى انجيل القديس متى: «فمن يكن لديه يعطى له، ويكون عنده المزيد: أما من ليس لديه فيؤخذ منه حتى مايكون عنده». وهذا الفصل هو عن التغذيات المرتدة الموجبة فى التطور. وهناك بعض قسمات فى الكائنات الحية تبدو وكأنها المنتجات النهائية لشئ مشابه لعملية تطور منطلقة متفجرة، تدفعها تغذية مرتدة موجبة. وبصورة مخففة فإن سباقات التسلح فى الفصل السابق هى أمثلة لذلك، على أن الأمثلة المثيرة حقا هى مايوجد فى أعضاء للإعلان الجنسى.

حاول أن تقنع نفسك، مثلما حاولوا إقناعى قبل تخرجى، بأن ذيل الطاووس المروحى هو عضو وظيفى دنيوى، مثل أحد الاسنان أو إحدى الكلى، وقد شكله الانتخاب الطبيعى لالشئ إلا ليقوم بمهمة نفعية هى تصنيف الطير، بما لالبس فيه، كعضو فى هذا النوع لاذاك. على أنهم لم يقنعونى أبدا، كما أنى أشك فى أنك أيضا يمكن إقناعك بذلك. وبالنسبة لى فإن مروحة ذيل الطاووس فيها طابع لايمكن إخطاؤه كعملية تغذية مرتدة موجبة. فمن الواضح أنها نتيجه نوع ما من انفجار غير محكوم ولامستقر حدث فى الزمان التطورى. وقد فكر داروين هكذا فى نظريته عن الانتخاب الجنسى، كما فكر هكذا بوضوح بالغ وبكلمات جد كثيرة أعظم خلفائه د.أ. فيشر. فبعد فقرة قصيرة من الاستدلال استنتج (فى كتابه «النظرية الوراثية للانتخاب الطبيعى») أنه:

«هكذا، فإن نمو الريش عند الذكر، هو والتفضيل الجنسى عند الأنثى لأوجه النمو هذه يجب أن يتقدما معا، وطالما أن العملية لايحدها إنتخاب مضاد شديد، فإنهما سيتقدمان بسرعة تتزايد أبدا. وفى حالة الغياب التام لأى مما يحد ذلك، يكون من السهل

رؤية أن سرعة النمو ستكون فى تناسب مع النمو الذى تم الوصول إليه من قبل، والذى بالتالى سوف يزيد بالزمن زيادة أسّية، أو فى متضاعفة هندسية».

ومما هو نموذجى عند فيشر أن مايجده على أنه «من السهل رؤيته» لايفهمه غيره على الوجه الأكمل إلا بعد مرور نصف قرن. فهو لم يهتم بتفسير فرضه بأن تطور الريش الجذاب جنسيا قد يتقدم بسرعة تتزايد أبدا، تتزايد أسيا، متفجرا. وقد استغرق باقى العالم البيولوجى مايقرب من خمسين عاما حتى يلحق بهذا النوع من المحاجة الرياضية ويعيد بناءها أخيرا على نحو كامل، تلك المحاجة الرياضية التى لابد وأن فيشر قد استخدمها إما على الورق أو فى رأسه، حتى يثبت هذه النقطة لنفسه. وسوف أحاول فى كتابة من نثر محض غير رياضى، تفسير هذه الأفكار الرياضية، التى تم إلى حد كبير، الوصول إليها فى شكلها الحديث بواسطة راسل لاند البيولوجى الرياضى الأمريكى الشاب. وبينما لن أكون فى مثل تشاؤم فيشر نفسه، الذى قال فى مقدمة كتابه عام ١٩٣٠ «أى مجهود أقوم به لن يجعل هذا الكتاب كتابا تسهل قراءته»، ورغم هذا إلا أنه بكلمات أحد من تكرموا باستعراض الكتاب الأول لى، «يجب تنبيه القارئ إلى أنه ينبغى أن يرتدى حذاءه الخاص بالانطلاق فى الجرى ذهنيا». وقد كان فهمى أنا لهذه الأفكار الصعبة عملية نضال شاق. ويجب هنا أن أقر بفضل زميلى وتلميذى السابق آلان جرافن، رغم احتجاجه، فهو قد اشتهر بذهن محلق من مرتبة خاصة به، بل إن لديه حتى قدرة أندر بأن يخلع أجنحته ليفكر بالطريقة المناسبة لتفسير الأمور للآخرين. وبغير ما علّمه لى، لما استطعت ببساطة أن اكتب الجزء الأوسط من هذا الفصل، وهذا هو السبب فى أنى أرفض إحالة شكرى هذا إلى المقدمة.

وقبل أن نصل إلى هذه الأمور الصعبة، يجب أن أعود وراءا لأذكر شيئا قليلا عن أصل فكرة الانتخاب الجنسى. لقد بدأت هذه الفكرة عند شارلز داروين، مثلما مثل الكثير غيرها فى هذا المجال. وداروين رغم أنه قد وضع ضغطه أساسا على البقاء والصراع من أجل الوجود، إلا أنه قد تبين أن الوجود والبقاء هما فحسب وسائل لغاية. وهذه الغاية هى التكاثر. إن طائر الدرّاج قد يعيش إلى سن ناضج كبير، ولكنه إن لم يتكاثر فإنه لن يمرّر خواصه من بعده. والانتخاب يحبذ الصفات التى تجعل الحيوان ناجحا فى التكاثر، والبقاء

هو وحسب جزء من معركة التكاثر. وفى أجزاء أخرى من المعركة، يتأتى النجاح لمن هم أكثر جاذبية للجنس الآخر. وقد رأى داروين أنه حتى لو اشترى ذكر طير الدراج أو الطاووس أو عصفور الجنة، الجاذبية الجنسية بثمن يكلفه حياته، فإنه مع ذلك قد يمرّر لما بعده صفات جاذبيته الجنسية من خلال مايتم قبل موته من إنسال ناجح نجاحا كبيرا. وقد تبين داروين أن ذيل الطاووس المروحى لابد وأن يكون عقبة بالنسبة لحائزه فيما يختص بالبقاء، واقترح أن ثمة ماهو أكثر من أن يفوق ذلك أهمية، وهو زيادة الجاذبية الجنسية، التى يضفيها هذا الذيل على الذكر. ولما كان داروين مولعا بالتمثيل مع الحيوانات الداجنة فإنه شبه الدجاجة بأحد المربين من البشر، وهو يوجه مسار تطور الحيوانات الداجنه حسب اتجاهات من نزوات جمالية، ولعله يمكننا أن نقارن الدجاجة بشخص يختار بيومورفات الكمبيوتر حسب اتجاهات من الجاذبية الجمالية.

وداروين قد تقبل ببساطة النزوات الأنثوية كما هى. ووجودها كان إحدى البديهيات فى نظريته للانتخاب الجنسى، فرض مسلم به بأولى من أن يكون شيئا يجب تفسيره فى حد ذاته. وقد كان هذا جزءا من السبب فى سوء سمعة نظريته عن الانتخاب الجنسى، حتى أتى فيشر لإنقاذها ١٩٣٠ . ولسوء الحظ فإن الكثيرين من البيولوجيين إما تجاهلوا فيشر وإما أساءوا فهمه. وكان الاعتراض الذى أقامه جوليان هكسلى وآخرون هو أن النزوات الأنثوية ليست بالأسس المشروعة لنظرية علمية حقا. على أن فيشر أنقذ نظرية الانتخاب الجنسى بأن عامل أوجه التفضيل عند الأنثى كهدف مشروع فى حد ذاته من أهداف الانتخاب الطبيعى، بما لايقل عن ذيول الذكور. وما تفضله الأنثى هو مظهر تعبير للجهاز العصبى للأنثى. والجهاز العصبى للأنثى ينمو تحت تأثير الجينات، وخواصه هى بالتالى مما يحتمل أن يكون قد تأثر بالانتخاب عبر القرون الماضية. وبينما فكر الآخرون فى زينة الذكر على أنها تتطور تحت تأثير ماتفضله الأنثى تفضيلا استاتيكيا، فإن فيشر فكر فى لغة من أوجه تفضيل عند الأنثى هى مما يتطور تطورا ديناميكيا فى مسايرة لخطوات تزيّن الذكر. ولعلك الآن قد استطعت بالفعل أن تبدأ فى رؤية الطريقة التى سيرتبط بها ذلك مع فكرة التغذية المرتدة الموجبة المتفجرة.

عندما نناقش أفكار نظرية صعبة، كثيرا ما يكون من الافكار الطيبة أن نجعل فى أذهاننا مثلا بعينه من العالم الواقعي. وسوف استخدم كمثل ذيل طائر الهويد الأفريقى ذلك الطائر طويل الذيل. وأى زينة يتم انتخابها جنسيا ستفى بالغرض، وأنا عندى الهوى لأن أطرق سبيلا مختلفا يتجنب المثال الطاغي (فى مناقشات الانتخاب الجنسى) وهو مثال الطاووس. وذكر طير الهويد طويل الذيل هو طائر نحيل أسود له ومضات برتقالية فى كتفه، وحجمه يقارب حجم العصفور الدورى الانجليزى فيما عدا أن الريش الرئيسى للذيل يمكن أن يصل فى موسم التزاوج إلى ١٨ بوصة طولا. وكثيرا مايرى الهويد الذكر وهو يؤدى عرضه الرائع فى الطيران عبر أرض السهوب فى أفريقيا، وهو يدور ويلف لولبيا مثل طائرة تحمل بيرقا طويلا للإعلان. وليس مما يثير الدهشة أنه يقع على الأرض فى الطقس المبلل. بل إن ذيلا بهذا الطول حتى وهو جاف، لابد وأن يكون عبئا يثقل حمله، ونحن نهتم هنا بتفسير تطور الذيل الطويل، الذى نحرز أنه كان عملية تطورية متفجرة. ونقطة البداية عندنا إذن هى طير سلف بغير ذيل طويل. ولنتصور ذيل السلف على أنه يقرب فى طوله من ثلاث بوصات، حوال سدس طول ذيل الذكر الذى يتوالد حديثا. والتغير التطورى الذى نحاول تفسيره هو زيادة طول الذيل إلى ستة أضعاف.

ومن الحقائق الواضحة، أننا عندما نقيس أى شئ تقريبا فى الحيوانات، فإنه رغم كون معظم أفراد النوع يقتربون إلى حد معقول من المتوسط، إلا أن بعض الأفراد يزيدون شيئا عن المتوسط، بينما أفراد آخرون يقلون شيئا عن المتوسط. ويمكننا أن نكون واثقين من أنه كان ثمة مدى لأطوال ذيول طائر الهويد السلف، فبعضها أطول وبعضها أقصر من الطول المتوسط ذى البوصات الثلاث. ويصح لنا أن نفترض أن طول الذيل يتحكم فيه عدد كبير من الجينات، كل واحد منها له تأثير صغير، وتأثيراتها هذه تتضايف معا، ومع تأثيرات التغذية وغيرها من المتغيرات البيئية، لتصنع الطول الفعلى لذيل الطائر الفرد. والجينات الكثيرة العدد التى تتضايف تأثيراتها تسمى الجينات المتعددة poly genes. ومعظم مقاييسنا نحن، طولنا مثلا ووزننا، تتأثر بأعداد كبيرة من الجينات المتعددة. والنموذج الرياضى للانتخاب الجنسى الذى أتبعه أوثق اتباع، نموذج راسل لاند، هو نموذج للجينات المتعددة.

والآن، فإننا يجب أن نحول انتباهنا إلى الإناث، وكيف تختار أزواجها. وربما بدا أننا نكاد نتبع المذهب الجنسى عندما نفترض أن الإناث هى التى تختار أزواجها، بدلا من العكس. والواقع أن هناك أسبابا نظرية قوية لتوقع أن يكون الحال هكذا (انظر الجين الأنانى)، وحقيقة الأمر أن هذا مايحدث طبيعيا فى التطبيق. ومن المؤكد أن ذكور طيور الهويد الحديثة الطويلة الذيل تجتذب حريما من ستة إناث أو ما يقرب. ويعنى هذا أن فى العشيرة فائضا من الذكور لاينسلون. ويعنى هذا بدوره أن الإناث لاتجد صعوبة فى العثور على الأزواج، وأنها فى وضع يتيح لها أن تتخير. ويكتسب الذكر الشئ الكثير عندما يكون جذابا للإناث. أما الأنثى فلا تكسب إلا القليل من أن تكون جذابة للذكور، حيث من المحتم أنها مطلوبة بأى حال.

وإذن، وقد تقبلنا الفرض بأن الإناث هى التى تقوم بالاختيار، فإننا نتخذ بعدها الخطوة الحاسمة التى اتخذها فيشر ليفحم نقاد داروين. فبدلا من أن نفترض ببساطة أن الإناث لديها نزواتها، فإننا سنعد أن التفضيل الأنثوى هو متغير يتأثر وراثيا تماما مثل أى متغير آخر. فالتفضيل الأنثوى هو متغير ذوكم، ويمكننا أفتراض أنه تتحكم فيه جينات متعددة بنفس الطريقة بالضبط مثلما يتأثر طول ذيل الذكر نفسه. وهذه الجينات المتعددة قد تحدث مفعولها فى أى من أجزاء شتى كثيرة فى مخ الأنثى، أو حتى فى عينيها، أو فى أى شئ يكون له مفعول تغيير التفضيل الأنثوى. والتفضيل الأنثوى هو ولاشك يأخذ فى الاعتبار أجزاء كثيرة من الذكر، لون رقعة كتفه، وشكل منقاره، وما إلى ذلك، على أنه قد اتفق هنا أننا نهتم بتطور طول ذيل الذكر، وبالتالى فإننا نهتم بتفضيلات الأنثى لذيول الذكور ذات الأطوال المختلفة. ويمكننا إذن أن نقيس التفضيل الأنثوى بالوحدات نفسها بالضبط التى نقيس بها طول ذيل الذكر ـ أى البوصات. وسوف تتولى الجينات المتعددة الأمر من حيث أن بعض الإناث يكون لها ميل لذيول ذكور أطول من المتوسط وبعضها الآخر لها ميل إلى ذيول ذكور أقصر من المتوسط، وبعضها لها ميل للذيول التى تقارب الطول المتوسط.

والآن نصل إلى أحد مفاتيح التبصر فى النظرية كلها. فرغم أن جينات التفضيل الأنثوى «تعبّر» عن نفسها فقط فى سلوك الأنثى، إلا أنها موجودة أيضا فى أجساد الذكور. وبنفس

الطريقة، فإن جينات طول ذيل الذكر موجودة فى أجساد الإناث، سواء كانت تعبر أو لا تعبر عن نفسها فى الإناث. وفكرة أن الجينات تفشل فى التعبير عن نفسها ليست بالفكرة الصعبة. فإذا كان عند أحد الرجال جينات لقضيب طويل، فإنه يتساوى احتمال أن يمرر هذه الجينات لبناته مثلما لأبنائه. وإبنه قد يعبر عن هذه الجينات بينما بالطبع لاتفعل ذلك ابنته، لأنها ليس لها قضيب على الاطلاق. ولكن هذا الرجل إذا أصبح له فى النهاية أحفاد، فإن احتمال وراثة القضيب الطويل يتساوى عند أبناء بنته مثلما عند أبناء إبنه. فالجينات قد تكون محمولة فى الجسد دون التعبير عنها، وبنفس الطريقة فإن فيشر ولاند يفترضان أن جينات التفضيل الأنثوى «محمولة» فى أجساد الذكور، وإن كان «التعبير عنها» لايتم إلا فى أجساد الإناث. وجينات ذيول الذكور محمولة فى أجساد الإناث، حتى وإن كان التعبير عنها لايتم عند الأناث.

هب أن لدينا ميكروسكوبا خاصا، قد مكننا من أن ننظر داخل خلايا أى طير لنفتش فى جيناته. ولنأخذ ذكرا يحدث أن له ذيلا أطول من المتوسط، ولننظر إلى الجينات من داخل خلاياه. وإذا نظرنا أولا إلى جينات طول الذيل نفسه، لن يكون مما يثير الدهشة اكتشاف أن هذا الذكر لديه جينات تجعل الذيل طويلا: فهذا أمر واضح، حيث أنه «لديه» ذيل طويل، ولكن هيا ننظر الآن إلى جينات «لتفضيل» الذيل. وليس لدينا هنا دليل من الخارج، حيث أن هذه الجينات تعبر عن نفسها فقط فى الإناث، وسيكون علينا أن ننظر بميكروسكوبنا. ماذا سوف نرى؟ سنرى جينات لجعل الإناث تفضل الذيل الطويل. وعلى العكس، فلو نظرنا داخل الذكر الذى يكون لديه فعلا ذيل قصير، فينبغى أن نرى جينات تجعل الإناث تفضل الذيل القصير. وهذه حقا نقطة أساسية فى المحاجة. ومنطقها كالتالى.

فإذا كنت أنا ذكرا طويل الذيل، فإن الاحتمال الأكبر هو أن أبى كان له أيضا ذيل طويل. وهذا مجرد أمر وراثى عادى. على أنه أيضا لما كان أبى قد اختارته أمّى كزوج، فإن الاحتمال الأكبر هو أن أمى كانت تفضل الذكور طويلة الذيل. وإذن فما دمت ورثت جينات الذيل الطويل من أبى، فإن من المحتمل أيضا أن أكون قد ورثت جينات تفضيل الذيول الطويلة من أمى. وبنفس الاستدلال، لو أنك ورثت جينات الذيل القصير، فإن

الاحتمالات الأكبر هى أن تكون قد ورثت أيضا جينات جعل الإناث تفضل الذيل القصير.

ويمكننا اتباع نفس النوع من الاستدلال بالنسبة للإناث. فإذا كنت أنا أنثى تفضل الذكور طويلة الذيل، فإن الاحتمال الأكبر هو أن تكون أمّى أيضا تفضل الذكور طويلة الذيل. وإذن فإن الاحتمال الأكبر هو أن يكون لأبى ذيل طويل، حيث أنه قد اختارته أمى. وإذن، فإذا كنت قد ورثت جينات تفضيل الذيول الطويلة، فإن الاحتمال الأكبر هو أنى قد ورثت أيضا جنيات امتلاك الذيل الطويل سواء كانت هذه الجينات تعبر عن نفسها بالفعل أو لا تعبر عن نفسها فى جسدى الأنثوى. وإذا كنت قد ورثت جينات تفضيل الذيل القصير، فإن الاحتمال الأكبر هو أنى قد ورثت أيضا جينات «امتلاك» الذيل القصير. والاستنتاج العام هو التالى. أى فرد من أى من الجنسين، يحتمل أن يحتوى على «كل» من الجينات اللازمة لجعل الذكور «تمتلك» صفة معينة، هى «و» الجينات اللازمة لجعل الإناث «تفضل» الصفة ذاتها، أياما كانت هذه الصفة.

وهكذا، فإنا جينات الصفات الذكرية، والجينات التى تجعل الإناث تفضل هذه الصفات، لاتكون مختلطة خلطا عشوائيا فيما بين أفراد العشيرة، وإنما هى تنزع لأن تتوزع «معا». وهذه «المعية»، التى تندرج تحت المصطلح التكنيكى الرهيب عدم توازن الترابط Linkage disequilibrium، تأتى بحيل عجيبة فى المعادلات الرياضية الوراثية. إن لها نتائج غريبة رائعة، وإذا كان فيشر ولاند على حق، فإن هذه النتائج عند التطبيق هى لا أقل من ذلك التطور المتفجر لذيول الطواويس وذيول طيور الهويد، وحشود أعضاء الجاذبية الأخرى. وهذه النتائج لايمكن إثباتها إلا رياضيا، إلا أننا يمكننا أن نذكر بالكلمات ما تكونه، ويمكننا محاولة اكتساب بعض نكهة من المحاجة الرياضية فى لغتنا غير الرياضية. ونحن مازلنا فى حاجة إلى أحذيتنا الخاصة بالانطلاق للجرى ذهنيا، وإن كان حذاء التسلق هو فى الواقع التمثيل الأفضل. وكل خطوة فى المحاجة هى جد بسيطة، ولكن هناك سلسلة طويلة من الخطوات لتسلق جبل الفهم. ولو أغفلت أى خطوة من الخطوات الأولى، فإنك لسوء الحظ لن تتمكن من اتخاذ الخطوات التالية.

قد تبينا حتى الآن إمكان وجود مدى كامل من تفضيلات الأنثى، إبتدءا من إناث لها ميل للذكور طويلة الذيل حتى الإناث ذات الميل المضاد، أى للذكور قصيرة الذيل. ولكن لو أننا أخذنا أصوات الإناث فى عشيرة معينة، فربما وجدنا أن أغلبية الإناث تشارك فى نفس الميول العامة بالنسبة للذكور. ويمكننا التعبير عن «مدى» الميول الأنثوية فى العشيرة بالوحدات نفسها ـ البوصات ـ التى نعبر بها عن مدى أطوال ذيول الذكور. ويمكننا التعبير عن «متوسط» التفضيل الأنثوى بالوحدات نفسها من البوصات. ويمكن أن يثبت فى النهاية أن متوسط التفضيل الأنثوى هو بالضبط المتوسط نفسه لطول ذيل الذكر، وهو ٣ بوصات فى الحالتين. وفى هذه الحالة لن يكون الاختبار الأنثوى بالقوة التطورية التى تدفع إلى تغيير طويل ذيل الذكر. أو لعله يثبت فى النهاية أن متوسط التفضيل الأنثوى هو لذيل أطول نوعا من الذيل المتوسط الموجود فعلا، وليكن التفضيل مثلا ٤ بوصات بدلا من ٣. ولنجعل الآن المسألة مفتوحة بالنسبة لسبب وجود تعارض كهذا، ولنتقبل أن هناك فقط تعارضا موجودا ولنسأل مايلى من سؤال واضح. إذا كانت بعض الإناث تفضل ذكورا أذيالها من ٤ بوصات، لماذا يكون لمعظم الذكور ذيول من ٣ بوصات؟ لماذا لايتحول متوسط طول الذيل فى المجموعة إلى ٤ بوصات تحت تأثير الانتخاب الجنسى الأنثوى؟ كيف يكون ثمة تعارض من بوصة واحدة بين متوسط طول الذيل المفضل وبين متوسط طول الذيل الفعلى؟

والإجابة هى أن ميل الأنثى ليس هو نوع الانتخاب الوحيد الذى يؤثر فى طول ذيل الذكر. فالذيول لها مهمة هامة تؤديها فى الطيران، والذيل الطويل أو القصير أكثر من اللازم يقلل من كفاءة الطيران. وفوق ذلك فإن الذيل الطويل يكلف طاقة أكثر فى حمله، ويكلف فى المقام الأول طاقة أكثر فى صنعه. والذكور ذوى الذيل من ٤ بوصات قد يجذبون إناث الطيور على نحو حسن، ولكن الثمن الذى سيدفعه هؤلاء الذكور هو طيرانهم بكفاءة أقل، وتكاليف طاقة أعظم، واستهداف أعظم للمفترسين. ويمكننا التعبير عن ذلك بالقول بأن ثمة طول للذيل هو «الأمثل نفعيا»، يختلف عن الطول الأمثل المنتخب جنسيا: فهو طول ذيل مثالى من وجهة المقاييس النفعية العادية، طول ذيل مثالى من كل وجهة فيما عدا جذب الإناث.

هل لنا أن نتوقع أن طول ذيل الذكور الفعلى، ثلاث بوصات فى مثلنا المفترض، هو الطول نفسه للذيل الأمثل نفعيا؟ لا، وإنما ينبغى أن نتوقع أن الذيل الأمثل نفعيا طوله أقل، ولنقل مثلا أنه بوصتان. وسبب أن المتوسط الفعلى لطول الذيل يبلغ ثلاث بوصات هو أنه نتيجة للتوفيق بين الانتخاب النفعى الذى يتجه لجعل الذيول أقصر، والانتخاب الجنسى الذى يتجه لجعلها أطول. ويمكننا الحدس بأنه لو أنتفت الحاجة لجذب الإناث، لانكمش متوسط طول الذيل نحو طول من بوصتين. ولو انتفت ضرورة القلق بشأن كفاءة الطيران وتكلفة الطاقة لاندفع متوسط طول الذيل نحو طول من أربع بوصات. فالمتوسط الفعلى ذو البوصات الثلاث هو نوع من الحل الوسط.

وقد تركنا جانبا السؤال عن «السبب» فى أن الإناث قد تتفق فى تفضيل ذيل يفترق عن الذيل الأمثل نفعيا. وللوهلة الأولى يبدو أن الفكرة ذاتها سخيفة. فالإناث التى تغلب الموضة على تفكيرها ولها ميل لذيول أطول مما ينبغى من وجهة مقاييس التصميم الجيد، سيكون لها أبناء قد أسئ تصميمهم، وانعدمت كفاءتهم، فيطيرون طيرانا أخرق. وأى أنثى طافرة يتفق أن يكون لها ميل، على غير الموضة، إلى الذكور قصيرة الذيل، وبالذات الانثى الطافرة التى يتفق أن يتطابق ميلها للذيول مع الذيل الأمثل نفعيا، سوف تلد أبناء أكفاء، حسن تصميمهم للطيران، وهم سيتفوقون بالتأكيد فى منافسة أبناء الإناث المنافسة لها التى تغلب الموضة على تفكيرها. آها، ولكن هاك هو المحك. إنه متضمن فى استعارتى عن «الموضة». إن أبناء الأم الطافرة قد يكونوا أكفاء فى الطيران، ولكن أغلب الإناث فى المجموعة لن ترى فيهم مايجذب. فهم سيجذبون فقط أقلية من الإناث، الإناث التى تتحدى الموضة، والإناث الأقلية هى، بالتعريف، إناث يكون العثور عليها أصعب من الإناث الأغلبية، لسبب بسيط هو أنها أقل وجودا على الأرض. وفى مجتمع لايتزاوج فيه إلا ذكر من كل ستة ذكور، ويكون فيه للذكور المحظوظين حريم كبير، يكون الامتثال لميول الأغلبية من الإناث له فوائد هائلة، فوائد لها القدرة تماما على أن تتفوق فى أهميتها على التكلفة النفعية للطاقة وكفاءة الطيران.

ولكن حتى مع ذلك فإن القارئ قد يشكو من أن المحاجة كلها قد تأسست على فرض تعسفى. ولو تم التسليم بأن معظم الإناث يفضلن الذيول الطويلة غير النفعية، فإن القارئ

ليوافق على أن كل شئ آخر سيتلو ذلك. ولكن ماهو «السبب» فى ظهور هذا الميل عند أغلبية الإناث فى المقام الأول؟ لماذا لاتفضل أغلبية الإناث الذيول التى تكون «أقصر» من الذيل الأمثل نفعيا، أو التى يكون لها الطول نفسه مثل الطول الأمثل نفعيا؟ لماذا لا تتطابق الموضة مع المنفعة؟ والإجابة هى أن أيا من هذه الأمور كان يمكن أن يحدث، ويحتمل أنه مما وقع فى أنواع كثيرة. فحالتى المفترضة عن إناث تفضل الذيول الطويلة هى حقا تعسفيه. ولكن «أيا» كان مايتفق أن يكونه ذوق أغلبية الإناث، ومهما كان ذلك تعسفيا، فسيكون ثمة اتجاه لهذه الأغلبية يتم الاحتفاظ به بالانتخاب، أو حتى يتم فى ظروف بعينها زيادته بالفعل ـ أى المبالغة فيه. وعند هذه النقطة من المحاجة نجد أن عدم وجود التبرير الرياضى فى قصتى لهو حقا أمر ملحوظ. وفى وسعى أن أدعو القارئ إلى أن يوافق ببساطة على أن الاستدلال الرياضى الذى قام به لاند يثبت هذه النقطة، وأترك الأمر هكذا. ولعل هذا أن يكون أحكم طريق أتبعه، إلا أننى سوف أبذل محاولة واحدة لتفسير جزء من الفكرة بالكلمات.

يكمن مفتاح المحاجة فى النقطة التى أرسيناها فيما سبق عن «عدم توازن الارتباط»، «التواجد معا» لجينات ذيول من طول معين ـ أى طول ـ والجينات المقابلة لتفضيل ذيول من ذلك الطول ذات نفسه. ويمكننا تصور «عامل المعية» كرقم يقاس. فلو كان عامل المعية عاليا جدا، فإن هذا يعنى أن معرفتنا لجينات أحد الأفراد المختصة بطول ذيله تمكننا من التنبؤ بدقة عظيمة فيما يتعلق بجيناته / أو جيناتها للتفضيل، والعكس بالعكس، وعلى النقيض فلو كان «عامل المعية» منخفضا، فإن هذا يعنى أن معرفتنا لجينات أحد الأفراد فى أحد الجانبين ـ التفضيل أو طول الذيل ـ لاتعطينا إلا تلميحا بسيطا عن جيناته / أو جيناتها فى الجانب الآخر.

أما الأمر الذى قد يؤثر فى كم عامل المعية فهو قوة التفضيل عند الإناث ـ كيف يكون تحملها لمن تراهم على أنهم ذكور معيبون، أو هو فى كم التباين فى طول الذيل الذكر الذى تحكمه الجينات بإزاء عوامل البيئة، وهلم جرا. وإذا نتج عن كل هذه التأثيرات أن يكون عامل المعية ـ إحكام ربط جينات طول الذيل وجينات تفضيل طول الذيل ـ عاملا قويا جدا، فإنه يمكننا استنتاج النتيجة التالية. أنه فى كل مرة يتم فيها اختيار ذكر بسبب

ذيله الطويل، فإن الاختيار لايتم فحسب لجينات الذيل الطويل، وإنما يتم ايضا فى نفس الوقت، وبسبب من الإقتران «بالمعية»، اختيار جينات «تفضيل» الذيول الطويلة. وما يعنيه هذا هو أن الجينات التى تجعل الإناث تختار الذكور التى من طول معين، هى فى الواقع جينات «تختار نسخا من نفسها». وهذا هو العنصر الجوهرى فى عملية تدعم ذاتها: أن لها قوة دفعها المدعومة ذاتيا. فالتطور عندما يبدأ فى اتجاه بعينه، فإن هذا بذاته ينزع الى أن يجعله يظل فى نفس الاتجاه.

ويمكن رؤية الأمر بطريقة أخرى بلغة ما أصبح معروفا باسم «ظاهرة اللحية الخضراء». وظاهرة اللحية الخضراء هى نوع من فكاهة بيولوجية أكاديمية. وهى أمر من محض الافتراض، وإن كان لها صفتها التعليمية. وقد افترضت أصلا كطريقة لشرح المبدأ الأساسى الكامن فى نظرية و.د. هاملتون الهامة عن إنتخاب الأقارب kin selection الذى ناقشته بإسهاب فى «الجين الأنانى». وهاملتون، وهو الآن زميلى فى أوكسفورد، قد بين أن الانتخاب الطبيعى يحبذ أن تسلك الجينات تجاه الأقرباء الوثيقين سلوك الايثار، والسبب ببساطة هو أن ثمة احتمال كبير لأن تكون نسخ هذه الجينات ذات نفسها موجودة فى أجساد الأقرباء. وفرض ظاهرة «اللحية الخضراء» يفترض هذه النقطة بصورة أعم، وإن كانت أقل عملية، وتجرى المحاجة بأن القرابة هى فقط إحدى الطرق الممكنة التى تستطيع بها الجينات فى الواقع أن تحدد موضع نسخ لنفسها فى أجساد أخرى. ومن الناحية النظرية فإن الجين يستطيع تحديد موضع نسخ لنفسه بطرق أكثر مباشرة. هب أن جينا قد اتفق أن نشأ وله التأثيران التاليان (من الشائع أن يكون ثمة جينات لها تأثيران أو أكثر): أنه يجعل حائزيه يمتلكون «علامة» واضحة مثل اللحية الخضراء، كما أنه أيضا يؤثر فى أمخاخهم بحيث أنهم يسلكون سلوكا إيثاريا تجاه الأفراد ذوى اللحى الخضراء. إن اتفاقا كهذا لمما يعترف بأنه غير محتمل إلى حد كبير، ولكن لو حدث قط أنه نشأ بالفعل فإن له نتيجته التطورية الواضحة. سينزع جين إيثار اللحية الخضراء إلى أن يكون محبذا من الانتخاب الطبيعى، وذلك لنوع السبب نفسه الذى تحبذ به جينات الايثار للأبناء والإخوة. وفى كل مرة يساعد فيها فرد بلحية خضراء فردا آخر مثله، فإن الجين المختص بإعطاء هذا الإيثار التمييزى يكون فى حالة تحبيذ لنسخة له هو نفسه. وهكذا يصبح انتشار جين اللحية الخضراء أوتوماتيكيا ومحتوما.

إن أحدا فى الحقيقة لايصدق، ولا حتى أنا، أن ظاهرة اللحية الخضراء بهذا الشكل الفائق البساطة، هى مما يمكن العثور عليه قط فى الطبيعة. ففى الطبيعة تتمايز الجينات فى تحبيذ نسخ لنفسها عن طريق بطاقات تصنيف أقل تحددا عن اللحى الخضراء، وإن كانت أكثر معقولية. والقرابة هى بالضبط بطاقة تصنيف من هذا النوع. «فالأخ»، أو فى التطبيق شئ من مثل «ذلك الذى أفرخ فحسب فى العش الذى نبت فيه ريشى»، هو بطاقة تصنيف إحصائية. وأى جين يجعل الأفراد يسلكون سلوكا إيثاريا تجاه حاملى بطاقة تصنيف كهذه يكون له فرصة إحصائية طيبة لمساعدة نسخ لذاته: ذلك أن الإخوة لديهم فرصة احصائية طيبة للمشاركة فى الجينات. ونظرية هاملتون عن انتخاب الأقارب يمكن النظر إليها كإحدى الوسائل التى يمكن بها جعل ظاهرة اللحية الخضراء أمر معقولا. ولنتذكر بالمناسبة، أن ليس ثمة اقتراح هنا بأن الجينات «تريد» مساعدة نسخ لنفسها. فالأمر وحسب أن أى جين يتفق أن يكون له «تأثير» مساعدة نسخ لذاته سينزع، طوعا أو كرها، لأن يصبح أكثر عددا فى العشيرة.

فالقرابة إذن، يمكن النظر إليها كوسيلة يمكن بها جعل شئ مثل ظاهرة اللحية الخضراء أمرا معقولا. ونظرية فيشر للانتخاب الجنسى يمكن تفسيرها كطريقة أخرى تجعل بها ظاهرة اللحية الخضراء أمرا معقولا. فعندما يكون عند الإناث فى إحدى العشائر تفضيلات قوية لخصائص ذكرية ما، سيترتب على ذلك، بالاستدلال الذى سبق أن مررنا بذكره، أن كل جسد ذكرى سينزع إلى أن يحوى نسخ جينات تجعل الإناث تفضل خواصه هو ذاته. وإذا كان الذكر قد ورث ذيلا طويلا من والده، فإن الاحتمالات الأكبر هى أن يكون قد ورث أيضا من أمه الجينات التى جعلتها تختار الذيل الطويل عند والده. ولو كان ذيله قصيرا، فإن أكبر الاحتمالات هى أنه يحوى جينات تجعل الإناث تفضل الذيول القصيرة. وهكذا، فإنه عندما تمارس إحدى الإناث اختيارها للذكر، أيا ما كان مبعث تفضيلها، فإن الاحتمال الأكبر هو أن الجينات التى تحابى اختيار هذه الأنثى إنما «تختار نسخا لأنفسها» فى الذكور. وهى تختار نسخا لأنفسها مستخدمة طول ذيل الذكر كبطاقة تصنيف، وذلك فى نسخة أكثر تعقدا للطريقة التى يستخدم بها جين اللحية الخضراء المفترض، اللحية الخضراء بمثابة بطاقة تصنيف.

وإذا كان نصف الإناث فى مجموع الأفراد يفضل الذكور طويلة الذيل، والنصف الآخر يفضل الذكور قصيرة الذيل، فإن جينات الاختيار عند الإناث ستظل تختار نسخا لنفسها، ولكن لن يكون ثمة نزعة عامة لتحبيذ هذا النوع أو الآخر من الذيول. ولعله ستكون ثمة نزعة لأن ينقسم أفراد المجموعة إلى قسمين ـ قسم طويل الذيل، يفضل الطول، وقسم قصير الذيل يفضل القصر. ولكن الإنقسام إلى جزءين هكذا فى «الرأى» الأنثوى، هو حالة غير مستقرة. وفى اللحظة التى يبدأ فيها نشوء أغلبية بين الإناث، تفضل نوعا بدلا من الآخر، «مهما كانت أغلبية صغيرة»، فإن هذه الأغلبية تتدعم فى الأجيال التالية. وسبب ذلك أن الذكور الذين تفضلهم الإناث من مدرسة تفكير الأقلية سيكون من الشاق عليهم العثور على زوجات لهم، كما أن الإناث من مدرسة تفكير الأقلية سيكون لها أبناء يصعب عليهم نسبيا العثور على زوجات لهم، وهكذا فإن إناث الأقلية سيكون لها أحفاد أقل. وعندما تنزع الأقليات الصغيرة لأن تصبح حتى أقليات أصغر، وتنزع الأغلبيات الصغيرة لأن تصبح أغلبيات أكبر، فإن مالدينا هنا هو وصفة من التغذية المرتدة الموجبة: «فمن يكن لديه يعطى له، ويكون عنده المزيد: أما من ليس لديه فيؤخذ منه حتى مايكون عنده.» وحيثما كان لدينا توازن غير مستقر، فإن البدايات التعسفية العشوائية تكون داعمة لذاتها. ويماثل ذلك تماما ما يحدث عندما نقطع فى جذع شجرة، فقد نكون غير واثقين إن كانت الشجرة ستقع إلى الشمال أو الجنوب، ولكنها بعد أن تظل متوازنة زمنا ما، تأخذ فى الوقوع فى اتجاه أو الآخر، وما إن يبدأ ذلك فإنه لن يكون هناك أى شئ قادر على ردها ثانية.

هيا نحكم ربط حذاءنا للتسلق حتى نصبح آمنين بأكثر ونتهيأ لدق حلقة تسلق أخرى. ولنتذكر أن الانتخاب بواسطة الإناث يشد ذيول الذكور فى أحد الاتجاهات، بينما الانتخاب «بالمنفعة» يشدها فى الاتجاه الآخر («يشد» بالمعنى التطورى طبعا)، بينما المتوسط الفعلى لطول الذيل هو توفيق بين اتجاهى الشد. هيا الآن لنتعرف على كمّ يسمى «تعارض الاختيار». وهذا الكم هو الفارق بين المتوسط الفعلى لطول ذيل الذكور فى العشيرة، وطول الذيل «الأمثل» الذى تفضله حقا الأنثى المتوسطة فى العشيرة. والوحدات التى يقاس بها تعارض الاختيار هى وحدات تعسفية، تماما مثلما تكون وحدات التدريج

الفهرنهيتي والمئوى للحرارة وحدات تعسفية. وكما أن التدريج المئوى يجد من المفيد تثبيت نقطة صفره عند نقطة تجمد المياه، فإننا سنجد من المفيد تثبيت صفرنا عند النقطة التى يتوازن فيها بالضبط قوة شد الانتخاب الجنسى مع قوة شد الانتخاب النفعى المضادة. وبكلمات أخرى، فإن تعارض اختيار من درجة الصفر يعنى أن التغير التطورى قد وصل إلى التوقف لأن نوعى الانتخاب المتضادين يلغى أحدهما الآخر بالضبط.

ومن الواضح أنه كلما زاد تعارض الاختيار، زادت قوة «الشد» الانتخابى الذى تمارسه الإناث ضد الشد المضاد للانتخاب الطبيعى النفعى. وما نهتم به ليس القيمة المطلقة لتعارض الاختيار فى وقت بعينه، وإنما هو الطريقة التى «يتغير» بها تعارض الاختيارفى الأجيال المتتالية. فكنتيجة لتعارض اختيار معين، تصبح الذيول أطول، وفى نفس الوقت (تذكَّر جينات اختيار الذيول الطويلة يتم انتخابها فى انسجام مع جينات امتلاك الذيول الطويلة) فإن الذيل المثالى المفضل عند الإناث يزيد أيضا طوله. وبعد جيلين من هذا الانتخاب المزدوج، يصبح كلا من متوسط طول الذيل، ومتوسط طول الذيل المفضل أكثر طولا، ولكن أيهما طال أكثر الطول؟ هذه طريقة أخرى لأن نسأل عما سيحدث لتعارض الاختيار.

من الممكن أن يبقى تعارض الاختيار كما هو (لو أن متوسط طول الذيل هو ومتوسط طول الذيل المفضل زادا كلاهما بنفس المقدار). ومن الممكن أن يصبح أصغر (لو أن متوسط طول الذيل زاد أكثر من زيادة طول الذيل المفضل). أو فى النهاية فإنه قد يصبح أكبر (لو أن متوسط طول الذيل زاد شيئا ما، ولكن زيادة متوسط الطول المفضل زادت أكثر). وفى وسعك أن ترى أنه لو أصبح تعارض الاختيار أصغر مع زيادة طول الذيول، فإن طول الذيل سيتطور تجاه طول ذى توازن مستقر. ولكن لو أصبح تعارض الاختيار «أكبر» مع زيادة طول الذيول، فإن الأجيال المستقبلة ينبغى نظريا أن ترى ذيولا تنطلق فى طولها بسرعة تتزايد أبدا. وهذا بلا أدنى شك هو ما لابد أن فيشر قد قام بحسابه قبل ١٩٣٠، وإن كانت كلماته المنشورة الموجزة لم يفهمها الآخرون وقتها بوضوح.

هيا نتناول أولا الحالة التى يصبح فيها تعارض الاختيار أصغر دائما بمرور الأجيال. إنه سيصبح فى النهاية على درجة من الصغر بحيث أن شد التفضيل الأنثوى فى أحد

الاتجاهين سيوازنه تماما شد الانتخاب النفعى فى الاتجاه الآخر. وعندها فإن التغير التطورى سيصل إلى أن يتوقف، ويقال أن النظام قد وصل إلى حالة اتزان. والأمر الذى أثبته لاند بهذا الشأن بما يثير الاهتمام هو أنه على الأقل تحت ظروف معينة، لايكون ثمة نقطة اتزان واحدة فحسب، وإنما تكون هناك نقط اتزان كثيرة (هى من الوجهة النظرية عدد لانهائى من نقط مرصوصة فى خط مستقيم على أحد الأشكال البيانية، ولكن ها قد أتيناك بالرياضيات!). ليس ثمة نقطة اتزان واحدة فحسب ولكنها نقط كثيرة: فمقابل أى قوة انتخاب نفعية تشد فى أحد الاتجاهات، تتطور قوة التفضيل الأنثوى بحيث تصل إلى نقطة تتوازن فيها معها بالضبط.

وهكذا فعندما تكون الظروف بحيث يميل تعارض الاختيار لأن يصبح أصغر بمرور الأجيال، فإن أفراد العشيرة سيصلون إلى الاستقرار عند «أقرب» نقطة للتوازن. وهنا فإن الانتخاب النفعى الذى يشد فى أحد الاتجاهات سيضاده بالضبط الانتخاب الأنثوى الذى يشد فى الاتجاه الآخر، وسيظل ذيول الذكور فى نفس الطول، بصرف النظر عن قدر هذا الطول. ولعل القارئ أن يتبين أننا هنا لدينا نظام تغذية مرتدة سالبة. وإن كان نوعا غريبا منها إلى حد ما. ونستطيع دائما أن نعرف نظام التغذية المرتدة السالبة بما يحدث عند «قلقلته» بعيدا عن «نقطة استقراره» المثلى. فعندما تقلقل درجة حرارة الغرفة بفتح الشباك مثلا، فإن الثرموستات يستجيب بأن يشغل المسخّن لتعويض ذلك.

كيف يمكن قلقلة نظام الانتخاب الجنسى؟ ولنتذكر أننا نتحدث هنا بمقياس الزمان التطورى، وهكذا فإنه يصعب علينا إجراء التجربة - التى ترادف فتح الشباك - ثم نعيش لنرى النتائج. ولكن ما من شك أنه كثيرا ماتحدث في الطبيعة قلقلة للنظام، كما مثلا فى التراوحات التلقائية العشوائية فى أعداد الذكور بسبب أحداث من صدفة سعيدة أو غير سعيدة. وكلما حدث هذا، وبفرض الظروف التى ناقشناها حتى الآن، فإن توليفة من الانتخاب النفعى والانتخاب الجنسى ستعيد أفراد المجموعة إلى أقرب نقطة من مجموعة نقط الاتزان. ولعل هذه «لن» تكون نفس نقطة الاتزان التى كانت من قبل، ولكنها ستكون نقطة أخرى أعلى قليلا، أو أقل قليلا، على خط نقط الاتزان. وهكذا فبمضى

الوقت، يمكن للعشيرة الانجراف لاعلى او أسفل حظ نقط الاتزان. والانجراف لأعلى الخط يعنى أن تصبح الذيول أطول ـ ونظريا فما من حد لمدى ما تطول. والانجراف لأسفل الخط يعنى أن تصبح الذيول أقصر ـ ونظريا فإن ذلك قد ينحدر حتى طول يبلغ الصفر.

وكثيرا ما يستخدم التمثيل بالثرموستات لتفسير فكرة نقطة الاتزان. ويمكن تطوير التماثل حتى يفسر الفكرة الأصعب «لخط» من توازنات. هب أن إحدى الحجرات لها جهاز للتسخين وجهاز آخر للتبريد، لكل منهما الثرموستات الخاص به. لقد ثُبّت الثرموستاتان لإبقاء الحجرة فى نفس درجة الحرارة الثابتة، وهى درجة ٧٠° فهرنهيت. فلو انخفضت هذه درجة لأقل من ٧٠، فإن المسخن يشغل نفسه والمبرد يوقف نفسه. ولو زادت الحرارة عن ٧٠ فإن المبرد يشغل نفسه بينما يوقف المسخن نفسه. والتمثيل مع طول ذيل الطائر الهويد ليس فى درجة الحرارة (التى تظل ثابتة تقريبا عند ٧٠°) وإنما هو فى المعدل الكلى لاستهلاك الكهرباء. فالنقطة أن ثمة طرقا كثيرة مختلفة يمكن بها الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة. وهى طرق يمكن الوصول إليها بكلا الجهازين وهما يعملان بشدة، فالمسخن يدفع بهمة هواءا ساخنا والمبرد يكب على العمل لمعادلة الحرارة. أو هى مما يمكن الوصول إليه بأن يبعث المسخن حرارة أقل شيئا، وأن يعمل المبرد مقابل ذلك عملا أقل لمعادلته. أو هو مما يمكن الوصول إليه بأن يكاد الجهازان ألا يعملان على الإطلاق. ومن الواضح أن الحل الأخير هو أكثر حل مرغوب فيه من وجهة نظر فاتورة الكهرباء، أما فيما يختص بالاحتفاظ بدرجة الحرارة ثابتة عند ٧٠°، فإن أى معدل عمل من سلسلة طويلة من المعدلات يكون مرضيا بدرجة متساوية. فلدينا «خط» من نقط الإتزان، بدلا من نقطة وحيدة. وحسب تفصيلات كيفية إقامة النظام، وحسب ما يحدث فى النظام من تعطيلات وأشياء أخرى من النوع الذى يشغل المهندسين، فإنه من الممكن نظريا لعدل استهلاك الكهرباء فى الغرفة أن ينجرف لأعلى أو لأسفل خط نقط الاتزان، بينما تظل درجة الحرارة هى نفسها. ولو قلقلت درجة الحرارة لما هو أقل شيئا بسيطا من ٧٠ درجة فإنها ستعود كما كانت، ولكنها لاتعود بالضرورة لنفس التوليفة من معدلات تشغيل المسخن والمبرد. فهى قد تعود إلى نقطة أخرى على خط التوازنات.

وبلغة من الهندسة الواقعية التطبيقية، يكون من الصعوبة بمكان تنظيم وضع غرفة بحيث يوجد حقا خط من التوازنات. فالخط عند التطبيق يكون عرضة «لأن ينهار إلى نقطة» . ومحاجة راسل لاند أيضا، عن خط للتوازنات فى الانتخاب الجنسى، ترتكز على افتراضات قد لاتصدق حقا فى الطبيعة. فهى تفترض مثلا، أن سيكون هناك إمداد مطرد بطافرات جديدة. وهى تفترض أن فعل الاختيار بواسطة الأنثى لاتكلفة له على الإطلاق. ولو انتهك هذا الفرض، كما هو ممكن حقا، فإن «خط» التوازنات ينهار إلى نقطة اتزان واحدة. ولكن على أى حال، لقد ناقشنا حتى الآن فحسب الحالة التى يصبح فيها تعارض الاختيار «أصغر» بمرور أجيال الانتخاب المتتالية. أما فى الظروف الأخرى فقد يصبح تعارض الاختيار أكبر.

قد مر بعض الوقت منذ ناقشنا هذا الأمر، فهيا نذكّر أنفسنا بما يعنيه ذلك، إن لدينا عشيرة، ذكورها يمارسون تطورا لخاصية معينة مثل طول الذيل فى طائر الهويد، تحت تأثير تفضيل من الأنثى ينزع لأن يجعل الذيول أطول، وتأثير انتخاب نفعى ينزع لأن يجعل الذيول أقصر. والسبب فى وجود أى قوة دافعة للتطور تجاه ذيول أطول هو أنه حيثما اختارت إحدى الإناث ذكرا من النوع الذى «تميل» إليه، فإنها بسبب من ارتباط الجينات لاعشوائيا، تختار نسخا من الجينات ذاتها التى جعلتها تقوم بهذا الاختيار. وهكذا، فى الجيل التالى، لاينزع الذكور فحسب إلى أن تكون لهم ذيول طويلة، ولكن الإناث أيضا تنزع لأن يكون لها تفضيل أقوى للذيول الطويلة. وليس واضحا أى من هاتين العمليتين ستكون لها السرعة الأكبر جيلا بعد جيل. ونحن حتى الآن قد نظرنا فى الحالة التى يزيد فيها طول الذيل فى كل جيل بأسرع من التفضيل. والآن نأتى إلى النظر فى الحالة الأخرى الممكنة، حيث التفضيل يزيد فى كل جيل بسرعة هى حتى أكبر من زيادة سرعة طول الذيل نفسه. وبكلمات أخرى سنناقش الآن الحالة التى يصبح فيها تعارض الاختيار أكبر بمرور الأجيال، وليس أصغر كما فى الفقرات السابقة.

والنتائج النظرية هنا هى حتى أكثر غرابة عن ذى قبل. وبدلا من تغذية مرتدة سالبة، يكون لدينا تغذية مرتدة موجبة. وبمرور الأجيال تزيد الذيول طولا، ولكن رغبة الأنثى فى الذيول الطويلة تزيد بسرعة أكبر. ويعنى هذا، نظريا، أن الذيول ستظل تزيد طولا، وفى

سرعة تتزايد أبدا بمرور الأجيال. ونظريا، فإن الذيول ستستمر في التمدد حتى بعد أن تصل إلى طول عشرة أميال. وبالطبع فإن قواعد اللعبة ستتغير في التطبيق قبل الوصول إلى هذه الأطوال غير المعقولة بزمن طويل، تماما مثلما يحدث لمحركنا البخارى صاحب منظم وات المقلوب، إذ لايواصل «واقعيا» زيادة سرعته إلى مليون لفة فى الثانية. على أنه رغم أنه يكون علينا تخفيف حدة استنتاجنا من النموذج الرياضى عندما نأتى إلى الأطراف القصوى، إلا أن الاستنتاجات التى من هذا النموذج قد تظل صادقة فى نطاق الظروف المعقولة عمليا.

هكذا أمكننا الآن، بعد مرور خمسين عاما، فهم ماعناه فيشر عندما قرر بأسلوب جرئ أن «من السهل رؤية أن سرعة النمو ستكون في تناسب مع النمو الذى تم الوصول إليه من قبل، والذى بالتالى سوف يزيد بالزمن زيادة أسّية، أو فى متضاعفة هندسية». ومن الواضح أن منطقه يماثل منطق لاند حين قال: «الخاصيتان اللتان تتأثران بهذه العملية، وهما نمو الريش عند الذكر، والتفضيل الجنسى عند الأنثى لأوجه النمو هذه، يجب إذن أن يتقدما معا، وطالما أن العملية لايحدها انتخاب مضاد شديد، فإنها ستتقدم بسرعة تتزايد أبدا».

وحقيقة أن فيشر و لاند كلاهما قد وصلا بالاستدلال الرياضى إلى نفس الاستنتاج المثير لاتعنى أن نظريتهما هى انعكاس صحيح لما يحدث فى الطبيعة. ومن الممكن كما قال بيتر أودولاند عالم الوراثة فى جامعة كمبردج وأحد الثقات المبرزين فى نظرية الانتخاب الجنسى، أن خاصية الانطلاق في نموذج لاند «مبيتة من الداخل» من فروضها الابتدائية بحيث لا يمكن إلا أن تنبثق، بما يكاد يكون مملا، عند الطرف الآخر من الاستدلال الرياضى. ويفضل بعض المنظرين، بما فيهم ألان جرافن و و. د.هاملتون، أنواع نظريات بديلة حيث الاختيار الذى تقوم الأنثى به يكون له حقا تأثير مفيد لذريتها، بمعنى نفعى، أو معنى من تحسين النسل. والنظرية التى يعملان معا عليها هى أن إناث الطير تعمل بمثابة الأطباء فى التشخيص، فتلتقط من الذكور أولئك الأقل استهدافا للطفيليات. وحسب نظرية هاملتون هذه بما تتميز به من براعة، فإن الريش الناصع هو طريقة الذكر للإعلان بصورة ظاهرة عن صحته.

وأهمية الطفيليات نظريا يستغرق شرحها بالكامل وقتا طويلا جدا. وباختصار، فإن المشكلة مع كل نظريات «تحسين النسل» بالاختيار الأنثوى ظلت دائما كالتالى. إذا كانت الإناث تستطيع حقا أن تختار بنجاح الذكور ذوى أحسن الجينات، فإن نجاحها ذاته سوف يقلل مدى الاختيار المتاح فى المستقبل: ففى النهاية، لو كان لايوجد هناك سوى جينات جيدة، لن يكون ثمة أهمية للاختيار. والطفيليات تزيل هذا الاعتراض النظرى. والسبب، حسب هاملتون، هو أن الطفيليات هى والعوائل يجرى أحدهما ضد الآخر سباق تسلح «دورى» لايتوقف أبدا. وهذا بدوره يعنى أن «أحسن» الجينات فى أى جيل بعينه من الطيور لاتكون نفس أحسن الجينات فى الأجيال المستقبلة. فما يلزم لدحر الجيل الحالى من الطفيليات لا يصلح ضد الجيل التالى من الطفيليات المتطورة. وإذن فسيكون هناك دائما بعض ذكور يتفق أن تكون مجهزة وراثيا على نحو أفضل من الآخرين لدحر المجموعة الحالية من الطفيليات. والإناث إذن يمكنها دائما أن تنفع ذريتها باختيار الذكور الأكثر صحة فى الجيل الحالى. والمعايير «العامة» الوحيدة التى يمكن أن تستخدمها الأجيال المتتابعة من الإناث هى تلك المؤشرات التى يمكن أن يستخدمـها أى طبيب بيطرى ـ الأعين الناصعة، والريش اللامع، وما إلى ذلك. ولايستطيع إلا الذكور الأصحاء صحة حقيقية أن يُظهروا هذه الأعراض من الصحة، وهكذا فإن الانتخاب يحبذ أولئك الذكور الذين يُظهرون هذا على الوجه الأكمل، بل وحتى يبالغون فيه فى صورة ذيول طويلة ومراوح منشورة.

على أن نظرية الطفيليات، رغم أنها قد تكون صحيحة، إلا أنها بعيدة عن نقطة «انفجاراتى» فى هذا الفصل. وبالعودة إلى نظرية الانطلاق عند فيشر / لاند فإن مانحتاجه الآن هو برهان من الحيوانات فى الواقع. كيف ينبغى أن نقوم بالبحث عن هذا البرهان؟ أى الطرق يمكن استخدامه؟ لقد قام مالت أندرسون السويدى بتناول واعد للأمر. وكما إتفق، فإنه قد عمل على الطير ذاته الذى استخدمته هنا لمناقشة الأفكار النظرية، طائر الهويد طويل الذيل، فدرسه فى بيئته الطبيعية فى كينيا. وقد أصبحت تجارب أندرسون أمرا ممكنا باستخدام تقدم تكنولوجى حديث: مادة غراء فائقة المفعول. وكان استدلاله كالتالى. إذا كان من الحقيقى أن الطول الفعلى لذيل الذكور هو توفيق بين طول نفعى أمثل من

ناحية، وما تريده الإناث حقا من الناحية الأخرى، فإنه ينبغى أن يصبح ممكنا جعل الذكر جذابا جاذبية فائقة بمنحه ذيلا زائد الطول. وهنا يأتى دور الغراء الفائق. وسأصف تجربة أندرسون باختصار، لأنها مثل بارع لتصميم التجارب.

أمسك أندرسون ٣٦ طيرا من ذكور الهويد، وقسمها إلى تسع مجموعات من أربعة طيور. وعوملت كل مجموعة من أربعة مثل الأخرى. ففى كل مجموعة من أربعة قلّم ريش ذيل أحد أفرادها (وقد تم اختياره عشوائيا دقيقا لتجنب أى تحيز باللاوعى) ليصبح طول الذيل ١٤ سنتيمترا (حوالى ٢/١ ٥ بوصة). وباستخدام غراء فائق سريع التماسك يلصق الجزء المزال فى آخر ذيل الفرد الثانى من مجموعة الأربعة. وهكذا يصبح للطير الأول ذيل قصّر صناعيا، وللطير الثانى ذيل طوّل صناعيا ويترك الطير الثالث دون مساس لذيله، وذلك للمقارنة. ويُترك الطير الرابع أيضا وذيله فى نفس طوله، ولكنه لايترك دون مساس. وبدلا من ذلك، فإن أطراف ريشه تقص ثم تلصق به ثانية. وربما بدا هذا إجراء بلا هدف، ولكنه مثل جيد لما يجب أن نكون عليه من حرص عند تصميم التجارب. فلعل الأمر أن حقيقة إجراء علاج لريش ذيل الطير، أو حقيقة إمساك الطير وتناوله بواسطة الانسان هى ماتؤثر فى الطير، وليس التغير الفعلى فى الطول نفسه. فالمجموعة الرابعة هى مجموعة «حاكمة» للتأثيرات التى من هذا النوع.

والفكرة هى أن يقارن نجاح التزاوج لكل طير مع زملائه الذين عولجوا علاجا مختلفا فى مجموعة الأربعة الخاصة به. وبعد أن عولج كل ذكر بطريقة من الطرق الأربع، سمح لكل أن يتخذ مقر إقامته السابق فى المنطقة الخاصة به. وهنا فإنه يستعيد مهمته الطبيعية فى محاولة اجتذاب الإناث فى منطقته، حتى يتم التزاوج هناك، وبناء العش ووضع البيض. ويكون السؤال هو، أى فرد من كل مجموعة من أربعة سيكون له أكبر نجاح فى اجتذاب الإناث؟ وقد قاس أندرسون ذلك، ليس بمراقبة الإناث حرفيا، ولكن بأن انتظر ليحصى عدد العشوش التى تحوى بيضا فى منطقة كل ذكر. وقد وجد أن الذكور ذات الذيول المطولة صناعيا قد اجتذبت من الإناث مايقرب من أربعة أمثال ماجذبه الذكور ذات الذيول المقصرة صناعيا. أما أصحاب الذيول ذات الطول السوى الطبيعى فقد أحرزوا نجاحا متوسطا.

وقد تم تحليل النتائج، إحصائيا، خشية أن تكون ناجمة عن الصدفة وحدها. وكان الاستنتاج أنه إذا كان جذب الإناث هو المعيار الوحيد، فمن الأفضل للذكور أن يكون لهم ذيول أطول مما لديهم بالفعل. وبكلمات أخرى، فإن الانتخاب الجنسى يشد الذيول دائما (بالمعنى التطورى) فى اتجاه أن تصبح أطول. وحقيقة أن الذيول الحقيقية هى أقصر مما تفضله الإناث تشير إلى أنه لابد من وجود ضغط انتخابى آخر يبقيها أقصر. وهذا هو الانتخاب «النفعى». ومن المفترض أن الذكور ذات الذيول الطويلة بوجه خاص تتعرض للموت أكثر من الذكور ذات الذيول المتوسطة. ولسوء الحظ لم يكن لدى أندرسون الوقت الكافى لمتابعة المصائر التالية لذكوره المعالجة. ولو فعل، فإن ما يتنبؤ به هو أن الذكور الذين ألصق بهم ريش ذيل إضافى ينبغى فى المتوسط أن يموتوا فى سن أصغر من الذكور السويين، ولعل سبب ذلك هو زيادة استهدافهم للمفترسين. ومن الناحية الأخرى فإن الذكور الذين قصرت ذيولهم صناعيا ربما ينبغى أن نتوقع أنهم يعيشون لأطول من الذكور السويين. وسبب ذلك أنه من المفترض أن الطول السوى هو توفيق بين الانتخاب الجنسى الأمثل والوضع النفعى الأمثل. والطيور التى قصرت ذيولها صناعيا هى فيما يفترض أقرب للطول النفعى الأمثل، وبالتالى فإنها ينبغى أن تعيش لأطول. وثمة قدر كبير من الافتراض فى كل هذا. وإذا ثبت فى النهاية أن الضرر النفعى الرئيسى للذيل الطويل هو فى المقام الأول التكلفة الاقتصادية لتنميته، وليس الخطر المتزايد للموت بعد تنميته، فإن الذكور الذين يمنحون ذيلا طويلا إضافيا يقدمه أندرسون على طبق كهدية مجانية، لايكون من المتوقع أنهم كنتيجة لذلك سوف يموتون بالذات صغارا.

قد قمت بالكتابة وكأن التفضيل الأنثوى ينزع إلى سحب الذيول ووسائل الزينة الأخرى فى اتجاه أن تصبح أكبر. وكما رأينا فيما سبق فإنه نظريا مامن سبب لأن لا يكون التفضيل الأنثوى مما ينبغى أن يشد إلى الاتجاه المضاد بالضبط، كأن يشد مثلا فى اتجاه تقصير الذيول دائما بدلا من إطالتها. وطائر الصعو الواسع الانتشار له ذيل يبلغ من قصره وغلظته أن يحث المرء على أن يتساءل عما إذا كان هذا الذيل فيما يحتمل أقصر مما «ينبغى» أن يكونه من وجهة الأغراض النفعية الصارمة. والتنافس بين ذكور الصعو تنافس شديد، كما يمكنك أن تخمن من علو شدوها علوا كبيرا. ومثل هذا الشدو لابد وأنه

مكلف، بل إن من المعروف أن ذكر الصعو يشدو حتى يقتل نفسه بالمعنى الحرفى. والذكور الناجحة يكون لها أكثر من أنثى فى منطقتها، مثلها مثل طيور الهويد. وفى مثل هذا المناخ التنافسى، فإن لنا أن نتوقع أن التغذية المرتدة الموجبة لها طريقها هنا. فهل من الممكن أن ذيل الصعو القصير يمثل المنتج النهائى لعملية انطلاق فى انكماش تطورى؟

ولو وضعنا طيور الصعو جانبا، فإن ذيول الطواويس المروحية، وذيول طيور الهويد وعصافير الجنة، بما فيها من غلو فى البهرجة، هى مما يمكن أن يُعد على نحو معقول جدا كمنتجات نهائية لتطور متفجر لولبى يتم عن طريق تغذية مرتدة موجبة. وقد بين لنا فيشر وخلفاؤه المحدثون كيف يمكن أن يتأتى ذلك. فهل هذه الفكرة مرتبطة أساسا بالانتخاب الجنسى، أو أنه يمكننا العثور على أوجه تماثل مقنعة فى أنواع أخرى من التطور؟ إن هذا السؤال لمما يستحق أن يُسأل، حتى لو كان ذلك فقط بسبب وجود جوانب من تطورنا نحن أنفسنا فيها أكثر من الإشارة إلى ماهو متفجر فيها، وخاصة تضخم أمخاخنا بسرعة قصوى خلال الملايين القليلة من السنوات الأخيرة. وثمة اقتراح بأن سبب هذا هو الانتخاب الجنسى نفسه، حيث تكون الذكاوة خاصية مطلوبة جنسيا (أو بعض مظهر للذكاوة، مثل القدرة على تذكر خطوات رقصة طويلة معقدة). على أن من الممكن أيضا أن يكون حجم المخ قد تفجر تحت تأثير نوع آخر من الانتخاب، هو مماثل وإن كان غير مطابق للأنتخاب الجنسى. وأعتقد أن من المفيد أن نميز بين مستويين من التماثل مع الانتخاب الجنسى، التماثل الضعيف والتماثل القوى.

والتماثل الضعيف يقول ما يلى ببساطة. أى عملية تطورية يحدث فيها أن المنتج النهائى لإحدى خطوات التطور يمهد المسرح للخطوة التالية فى التطور، هى بالإمكان عملية تزيد تقدما، وأحيانا تكون هكذا إلى حد التفجر. وقد سبق أن قابلنا هذه الفكرة فى الفصل السابق، فى شكل «سباقات التسلح». فكل خطوة تحسين فى تصميم المفترسين تغير الضغوط على الفرائس، وبالتالى فإنها تجعل الفرائس تصبح أحسن فى تجنب المفترسين. وهذا بالتالى يضع ضغطا على المفترسين حتى يتحسنوا، وهكذا يصبح لدينا لولب يتزايد أبدا. وكما رأينا، فإن من المحتمل أنه لا الفرائس ولا المفترسون سيصيبون بالضرورة معدل النجاح أكبر كنتيجة لذلك، لأن أعداءهم يتحسنون فى نفس الوقت. ولكن رغم هذا، إلا

أن الفرائس والمفترسون كلاهما يصبحون أحسن «تجهيزا» فى تقدم متزايد. هذا إذن هو التماثل الضعيف مع الانتخاب الجنسى. والتماثل القوى مع الانتخاب الجنسى يشير إلى أن جوهر نظرية فيشر / لاند هو الظاهرة المشابهة «للحية الخضراء» حيث جينات الاختيار عند الأنثى تتجه أوتوماتيكيا لاختيار نسخ من «أنفسها»، وهى عملية فيها اتجاه أوتوماتيكى لأن تنطلق إلى التفجر. وليس من الواضح إذا كانت توجد أمثلة لهذا النوع من الظواهر بخلاف الانتخاب الجنسى نفسه.

وإنى أخال أن أحد المواضع الجيدة للبحث عن تماثلات للتطور المتفجر من نوع تطور الانتخاب الجنسى هو فى التطور الحضارى البشرى. وسبب ذلك هو أنه هاهنا للمرة الثانية يكون الاختيار بالهوى أمرا مهما، ومثل هذا الاختيار قد يكون عرضة لظاهرة «الموضة» أو لظاهرة «الأغلبية تكسب دائما». ومرة أخرى ينبغى الاهتمام بالتحذير الذى بدأت به هذا الفصل. «فالتطور» الحضارى ليس مطلقا تطورا حقيقيا إذا شئنا أن نكون مدققين ومتزمتين فى استخدامنا للكلمات، على أنه قد يكون بينهما مايكفى من أوجه مشتركة بما يبرر بعض المقارنة بين المبادئ. وإذ نفعل ذلك فإننا يجب ألا نستخف بأوجه الاختلاف. هيا لننتهى بهذه الأمور خارج طريقنا قبل أن نعود إلى القضية الخاصة باللوالب المتفجرة.

تكثر الإشارة إلى أن ثمة شئ شبه تطورى فى نواحى كثيرة من التاريخ البشرى ـ بل أن أى أحمق يمكنه رؤية ذلك. ولو أخذت كعينة وجها معينا من الحياة البشرية على فترات منتظمة، كأن تأخذ مثلا كعينة حالة المعرفة العلمية، أو نوع الموسيقى التى تعزف، أو موضات الملابس، أو مركبات النقل، على فترات كل منها من قرن واحد، أو لعلها فترات من عقد واحد، فسوف تجد أنه ثمة «اتجاهات». ولو أخذنا ثلاث عينات، فى أزمنة متتالية هى أ، و ب، و ج، فإن القول بعدها بوجود اتجاه يعنى القول بأن القياس الذى تم عند الزمن ب سيكون وسطا بين المقياسين اللذين تما زمن أ، وزمن ج. ورغم أنه ثمة استثناءات لذلك، فإن الكل سيوافق على أن الاتجاهات التى من هذا النوع هى خاصية لأوجه كثيرة فى الحياة المتمدينة. ومن المعترف به أن توجُّه الاتجاهات يكون أحيانا عكسيا (مثلا طول التنورات)، ولكن هذا يصدق أيضا على التطور الوراثى.

وثمة اتجاهات كثيرة، وبالذات اتجاهات التكنولوجيا المفيدة إذ تقارن بالموضات التافهة، يمكن لنا بغير جدل كثير حول مايصدر من أحكام عن قيمتها، أن نتبين أنها تعد «تحسينات». فما من شك مثلا، أن مركبات التنقل فى أنحاء العالم قد تحسنت بإطراد وبغير اتجاه عكسى، عبر الأعوام المائتين الأخيرة، ابتداءا بمركبات الجر بالحصان، ومرورا بمركبات الجر بالبخار، وانتهاءا بالطيارات الحالية النفاثة الأسرع من الصوت. وأنا أستخدم كلمة تحسن استخداما محايدا. ولست أقصد القول بأن كل واحد سيوافق على أن نوعية لحياة قد تحسنت كنتيجة لهذه التغيرات، وأنا شخصيا أشك كثيرا فى ذلك. كما أنى لاأقصد إنكار مايشيع من رأى بأن مقاييس العمالة قد انحدرت «لأسفل» عندما حل الانتاج بالجملة مكان المهارة الحرفية. ولكن بالنظر إلى وسائل النقل من وجهة نظر «النقل» الخالصة، التى تعنى التحرك من مكان فى العالم للآخر، فإنه مامن شك أن ثمة اتجاها تاريخيا إلى نوع من التحسن، حتى لو كان هذا فقط تحسنا فى السرعة. وبالمثل فإنه بمقياس زمانى من العقود أو حتى من السنين، فإن ثمة تحسنا يزداد تقدما فى نوع أجهزة تكبير الصوت ذات الدقة العالية Hi Fi هو مما لاينكر، حتى لو اتفقت معى فى بعض الحين على أن العالم يكون أكثر قبولا لو أن مكبر الصوت لم يخترع قط. وليس الأمر أن الأذواق أصبحت مختلفة، فالحقيقة الموضوعية التى يمكن قياسها هى أن الدقة فى استنساخ الصوت هى الآن أفضل مما كانت فى ١٩٥٠، وهى فى ١٩٥٠ أفضل مما كانت ١٩٢٠. ونوعية استنساخ الصور هى بما لاينكر أفضل فى أجهزة التلفزيون الحديثة مما فى الأجهزة الأقدم، وإن كان من الممكن بالطبع ألا تصدق ذلك بالنسبة لنوعية مادة التسلية المبثوثة. ونوعية ماكينات القتل فى الحرب تظهر اتجاها دراميا نحو التحسن ـ فقد أصبحت بمرور الأعوام قادرة على قتل أفراد أكثر بسرعة أكبر. ومغزى أن ذلك ليس تحسنا هو أوضح من أن يفسر.

إنه مامن شك فى الأمر، فبالمعنى التكنيكى الضيق تصبح الأمور أفضل بمرور الوقت. ولكن هذا لايصدق بوضوح إلا فيما يتعلق بالأشياء المفيدة تكنيكيا مثل الطائرات والكمبيوترات. وثمة أوجه كثيرة أخرى من الحياة البشرية تظهر اتجاهات حقيقية هى ليست اتجاهات للتحسين بأى معنى من المعانى الواضحة. فاللغات تتطور تطورا واضحا، وذلك فى أنها تُظهر الاتجاهات، وفى أنها تتفرق diverge، وأنها بمرور القرون تصبح بعد

تفرقها غير قادرة على الإفهام المتبادل إلى حد أكبر وأكبر. والجزر العديدة التى فى المحيط الهادى توفر معملا جميلا لدراسة تطور اللغة. ومن الواضح أن لغات الجزر المختلفة تشبه إحداها الأخرى، ويمكن قياس اختلافاتها بدقة بواسطة أعداد الكلمات التى تختلف فيما بينها، وهذا مقياس يتماثل بصورة وثيقة مع المقاييس الجزيئية التصنيفية التى سنناقشها فى الفصل العاشر. والاختلاف بين اللغات، الذى يقاس بأعداد الكلمات المفترقة، يمكن وضع نقطه فى رسم بيانى مقابل المسافة بين الجزر، مقاسة بالأميال، وسيثبت فى النهاية أن النقط على الرسم البيانى تقع فى منحنى ينبؤنا شكله الرياضى الدقيق بشئ عن معدلات الانتشار من جزيرة لأخرى. إن الكلمات تنتقل بزورق الكانو واثبة بين الجزر على فترات تتناسب مع درجة تباعد الجزر المعنية. أما فى داخل الجزيرة الواحدة فإن الكلمات تتغير بمعدل ثابت، بطريقة تماثل تماما الطريقة التى تطفر بها الجينات من آن لآخر. وأى جزيرة، ولو كانت معزولة بالكامل، ستظهر بعض تغير تطورى فى لغتها بمرور الزمن، وبالتالى تظهر بعض تفرق عن لغات الجزر الأخرى. ومن الواضح أن الجزر التى تكون إحداها قريبة من الأخرى يكون لها معدل لسريان الكلمات فيما بينها عن طريق الكانو، هو أعلى مما للجزر التى يبعد بعضها عن البعض. كما أن لغات الجزر المتقاربة يكون لها جد مشترك أحدث مما للغات الجزر المتباعدة بعدا كثيرا. وهذه الظواهر التى تفسر ما يلاحظ من نمط أوجه التشابه بين الجزر المتقاربة والمتباعدة، هى مما يتماثل وثيقا مع الحقائق عن العصفور الدورى الموجود فى الجزر المختلفة من أرخبيل جالاباجوس والتى كانت أصلا مصدر إلهام تشارلز داروين. فالجينات تثب مابين الجزر فى أجساد الطيور، تماما مثلما تثب الكلمات فى قوارب الكانو.

اللغات إذن تتطور. على أنه رغم أن الانجليزية الحديثة قد تطورت عن الانجليزية التشوسرية Chaucerian، إلا أنى لا أعتقد أن هناك الكثيرين ممن يودون الزعم بأن الانجليزية الحديثة هى تحسين على الانجليزية التشوسرية. وليست الأفكار عن التحسين أو النوعية هى مايخطر فى رؤوسنا عادة عندما نتكلم عن اللغة. بل إن هذا لو خطر فإننا عادة نرى التغير على أنه تدهور أو انحطاط. ونحن نميل إلى النظر إلى الاستخدامات الأقدم على أنها صحيحة، وإلى الاستخدامات الأحدث على أنها إفساد. ولكننا مازلنا نستطيع إكتشاف اتجاهات تشبه التطور، هى مما يزداد تقدما بمعنى تجريدى محض لاتقييم فيه.

ونستطيع حتى أن نجد برهانا على وجود تغذية مرتدة موجبة فى شكل تصعيدات فى المعنى (أو هى أنحطاطات فيما لو نظرنا إليها من الاتجاه الآخر). فكلمة «نجم» مثلا كانت تستخدم لتعنى ممثل أفلام له شهرة خارقة نوعا. ثم انحطت لتعنى أى ممثل عادى يلعب أحد الأدوار الرئيسية فى أحد الأفلام. وبالتالى، فإنه حتى يمكن استعادة المعنى الأصلى من الشهرة الخارقة، كان لابد من تصعيد الكلمة إلى «نجم أعلى» Super Star .وبعدها بدأت دعاية الاستوديوهات تستخدم «النجم الأعلى» لممثلين لم يسمع الكثيرون عنهم البتة، وهكذا حدث تصعيد أبعد إلى «النجم الأعظم» Mega Star .والآن، فإن ثمة عددا قليلا نوعا ممن يعلن عنهم «كنجوم عظمى» وإن كنت أنا على الأقل لم أسمع عنهم قط من قبل، ولعلنا إذن قد حان لنا وقوع تصعيد آخر. فهل نسمع وشيكا من يتحدث عن نجوم «فائقة» hyper Stars؟ وثمة تغذية مرتدة موجبة مشابهة قد هوت لأسفل بقيمة كلمة «ريّس» Chef، والكلمة قد أتت بالطبع عن التعبير الفرنسى، «ريّس المطبخ»، بمعنى رئيس أو رأس المطبخ. وهذا هو المعنى المذكور فى قاموس أوكسفورد. وإذن، فحسب التعريف لايمكن أن يكون هناك إلا ريس واحد لكل مطبخ. على أن الطهاة (الذكور) العاديين، وحتى من فى المراتب الدنيا مثل عاجنى الهامبورجر، قد بدأ الواحد منهم يشير إلى نفسه «كريّس»، ولعل ذلك من باب إرضاء كرامتهم. والنتيجة أنه كثيرا ما تسمع الآن العبارة المتصفة بالحشو «الريس الرئيسى» head chef!

على أنه إذا كان فى هذا تماثل مع الانتخاب الجنسى، فإنه على أحسن الفروض، لايكون كذلك إلا بالمعنى الذى أطلقت عليه التماثل «الضعيف». ولأقفز الآن مباشرة إلى أقرب تناول للتماثل «القوى» يمكننى التفكير فيه: إلى عالم التسجيلات «الرائجة» Pop. ولو استمعت إلى نقاش بين مهاوويس التسجيلات الرائجة، أو شغّلت الراديو لتسمع إلى تشدقات مذيعى الأسطوانات، فسوف تكتشف أمرا غريبا جدا. فبينما تكشف صنوف النقد الفنى الأخرى عن بعض اهتمام بالأسلوب أو مهارة الأداء، وبالمزاج النفسى، وبالتأثير الوجدانى، وصفات وخواص الشكل الفنى، فإن الثقافة التحتية للموسيقى «الرائجة» تكاد بصورة مانعة لاتهتم إلا «بالرواج نفسه». فمن الواضح جدا أن الشئ المهم بالنسبة لتسجيل ما، ليس ما يبدو عليه التسجيل، وإنما هو «عدد الناس الذين يشترونه». والثقافة التحتية للموسيقى الرائجة يستحوذ عليها كلها ترتيب التسجيلات فى مراتب،

تدعى العشرون القمة أو الأربعون القمة، وهو أمر يتأسس فحسب على أرقام المبيعات. فما يهم حقا بشأن التسجيل هو موقعه بين العشرين القمة. وهذا أمر، عندما تفكر فيه، تجد أنه حقيقة متفردة جدا، بل هى مثيرة جدا للاهتمام لو أننا فكرنا فى نظرية د.أ. فيشر عن التطور المنطلق. ولعل مما له دلالة أيضا أن مذيع الأسطوانات نادرا مايذكر لنا الوضع الحالى للتسجيل فى خريطة المبيعات، من غير أن يخبرنا فى نفس الوقت عن وضعه فى الأسبوع السابق. وهذا يتيح للسامع، لا أن يقيّم فحسب الرواج الحالى للتسجيل، بل أيضا معدل واتجاه «تغير» الرواج.

ويبدو أن من الحقيقى أن الكثيرين عندما يشترون تسجيلا لايكون لذلك سبب أفضل من أن أعدادا ضخمة من أناس آخرين قد اشتروا نفس التسجيل، أو أنهم يحتمل أن يفعلوا ذلك. والدليل البارز على ذلك يأتى من الحقيقة المعروفة من أن شركات التسجيل ترسل ممثلين لها إلى المتاجر الرئيسية ليشتروا أعدادا كبيرة من التسجيلات الخاصة بالشركات نفسها، وذلك حتى يصل ارتفاع أرقام المبيعات إلى المنطقة التى ربما قد يحدث منها «الإنطلاق» (وليس هذا مما يصعب فعله كما قد يبدو، لأن أرقام العشرين القمة تتأسس على أرقام مردود المبيعات من عينة صغيرة من متاجر التسجيلات. ولو أنك عرفت أيها تكون تلك المتاجر الرئيسية، فلن يكون عليك أن تشترى منها كل ذلك العدد جد الكبير من التسجيلات الذى يحدث تأثيرا دالا فى تقديرات المبيعات على مستوى الدولة. كما إن ثمة قصصا موثوق بها عن رشاوى تدفع لصغار البائعين فى هذه المتاجر الرئيسية).

وهذه الظاهرة نفسها من أن يروج الرواج من أجل ذاته هو نفسه، مشهورة أيضا إلى حد أقل، فى عوالم نشر الكتب، وموضات النساء، والاعلان بصفة عامة. ومن أحسن ما يمكن لمعلن أن يقوله عن منتج ما أنه أكثر منتج يباع من نوعه. وقوائم أكثر الكتب بيعا تنشر أسبوعيا، ومن الحقيقى بما لاشك فيه أنه ما إن يباع من كتاب عدد نسخ يكفى لظهوره فى إحدى هذه القوائم، فإن بيعه يزيد حتى لأكثر، وذلك ببساطة بفضل هذهالحقيقة. ويتحدث الناشرون عن «انطلاق» لأحد الكتب، بل إن أولئك الناشرين الذين يكونون على شئ من المعرفة العلمية يتحدثون عن «الكتلة الحرجة للانطلاق». والتمثيل هنا هو مع القنبلة الذرية. فاليورانيوم ـ ٢٣٥ هو عنصر مستقر مادام ليس لديك منه قدر أكثر من اللازم فى المكان الواحد. وثمة كتلة حرجة، ما إن يتم تخطيها، حتى يسمح ذلك

بدء سلسلة من التفاعلات أو عملية انطلاق، لها نتائج مدمرة. والقنبلة الذرية تحوى قطعتين من يورانيوم ـ ٢٣٥ كل منهما أصغر من الكتلة الحرجة. وعند تفجير القنبلة تضغط القطعتان معا، ويتم تجاوز الكتلة الحرجة، ويكون في ذلك نهاية لمدينة متوسطة الحجم. وعندما تصل مبيعات كتاب إلى «الحد الحرج» تكون الأرقام قد وصلت إلى حد تسبب فيه التوصيات بكلمة من الفم وما إلى ذلك، أن تدفع مبيعاته فجأة فى نمط انطلاق. وفجأة تصبح معدلات البيع أكبر على نحو درامى مما كانت عليه قبل الوصول إلى الكتلة الحرجة، وقد تكون هناك فترة نمو أسّى تسبق حدوث مالابد منه من استقرار المعدل، ثم ما يلى ذلك من انحدار.

وليس من الصعب فُهم الظواهر الكامنة فى ذلك. فنحن هنا لايزال ما لدينا أساسا هو المزيد من الأمثلة عن التغذية المرتدة الموجبة. والصفات الحقيقية للكتاب أو حتى للتسجيل الرائج ليست مما يُهمل شأنه فى تحديد مبيعاته، ولكن رغم ذلك فحيثما تكمن تغذيات مرتدة موجبة، فإنه يتحتم وجود عنصر تعسفى قوى يحدد أى الكتب أو التسجيلات سينجح، وأيها سيفشل. وإذا كانت الكتلة الحرجة هى والانطلاق عنصرين مهمين لأى قصة نجاح، فإن من المحتم أن يوجد قدر كبير من الحظ، وسيوجد أيضا مجال وافر للتناول والاستغلال بواسطة أولئك الذين يفهمون النظام. فالأمر يستحق مثلا تخصيص مبلغ من المال له قدره لتعزيز رواج الكتاب أو التسجيل إلى النقطة التى يصل فيها بالضبط إلى «الحد الحرج»، لأنك لن تحتاج بعدها لإنفاق نقود كثيرة لتعزيزه فيما بعد: فالتغذية المرتدة الموجبة تتولى الأمر وتقوم لك بمهمة الدعاية.

والتغذيات المرتدة الموجبة فيها هنا شئ مشترك مع التغذيات المرتدة الموجبة للانتخاب الجنسى حسب نظرية فيشر / لاند، على أن ثمة ما يوجد أيضا من فروق. فإناث الطاووس التى تفضل ذكوره طويلة الذيل هى محبِّذة فحسب لأن الإناث «الأخرى» لها التفضيل نفسه، وصفات الذكور نفسها تعسفية وغير متعلقة. ومن هذه الناحية، فإن مهووس التسجيل الذى يطلب تسجيلا بعينه لأنه فحسب موجود ضمن القمة العشرين، إنما يسلك تماما مثل أنثى الطاووس. ولكن الميكانزمات الدقيقة التى تعمل بها التغذيات المرتدة الموجبة تختلف فى الحالين، وهذا فيما أفترضه، يعود بنا إلى حيث بدأنا هذا الفصل: محذرين من أن التماثلات ينبغى أن تؤخذ إلى حد معين، وليس لأبعد منه.

الفصل التاسع

خرق الترقيمية(*)

حسب قصة سفر الخروج استغرق بنو اسرائيل ٤٠ عاما للهجرة عبر صحراء سيناء إلى الأرض الموعودة. وهذه مسافة من حوالى ٢٠٠ ميل. وإذن فقد كان متوسط سرعتهم ما يقرب من ٢٤ ياردة فى اليوم الواحد، أو ياردة فى الساعة، ولنقل أنه كان ثلاث ياردات فى الساعه إذا حسبنا الوقفات الليلية. ومهما أجرينا من عمليات حسابية، فإننا نتعامل هنا مع متوسط لسرعة بطيئة إلى حد العبث، هى حتى أبطأ كثيرا من خطوة القوقع التى يضرب المثل ببطئها (الرقم القياسى العالمى للقوقع حسب «كتاب جينس للأرقام القياسية» هو سرعة لاتصدق من ٥٥ ياردة فى الساعة). وبالطبع فإن أحدا لايؤمن فى الحقيقة بأن هذه السرعة المتوسطة هى ماظل الاسرائيليون يتبعونه على نحو متسق مستمر. فمن الواضح أنهم كانوا يرتحلون فى نوبات ووثبات، ولعلهم كانوا يعسكرون لفترات طويلة فى إحدى النقاط قبل أن يعاودوا تحركهم. ولعل الكثيرين منهم لم يكن لديهم فكرة جد واضحة عن «السفر» فى إتجاه ثابت بعينه، فكانوا يتسكعون فيما حولهم من واحة لأخرى على نحو ماينزع رعاة الصحراء من البدو إلى فعله. ومرة أخرى أكرر أن أحداً لايؤمن فى الحقيقة بأن هذه السرعة المتوسطة هى ماظلوا يتبعونه على نحو متسق مستمر.

ولكن لنفرض أن ثمة مؤرخين شابين فصيحين يبرزان فجأة على المسرح. وهما يخبرانا أن التاريخ الانجيلى قد سيطرت عليه حتى الآن مدرسة الفكر «التدريجية» والمؤرخون

(*) الترقيمية مذهب ينادى بأن التطور يحدث فى انتفاضات متقطعة تفصلها أو ترقمها فترات سكون طويلة. (المترجم).

«التدريجيون» فيما يقال لنا، يؤمنون حرفيا بأن الاسرائيليين قد سافروا بسرعة ٢٤ ياردة فى اليوم، وأنهم كانوا يطوون خيامهم كل صباح، ويزحفون ٢٤ ياردة فى اتجاه بين الشرق والشمال الشرقى، ثم ينصبون معسكرهم ثانية. والبديل الوحيد «للتدريجية» فيما يقال لنا أيضا، هو «الترقيمية» Punctuationism، مدرسة التاريخ الحديثة الديناميكية. وحسب رأى الشابين الراديكاليين الترقيميين، فإن الاسرائيليين أنفقوا معظم وقتهم فى حالة «سكون» وهم لايتحركون مطلقا، وإنما يعسكرون فى مكان واحد، وكثيرا مايكون ذلك لعدة سنوات فى المرة الواحدة. ثم هم يواصلون الحركة بعدها، بما يكاد يكون حركة سريعة، إلى معسكر جديد، حيث يمكثون ثانية لسنوات عديدة. فالتقدم نحو الأرض الموعودة، بدلا من أن يكون تدريجيا ومتواصلا، حدث فى انتفاضات متقطعة: فترات طويلة من السكون ترقمها فواصل من فترات وجيزة من الحركة السريعة. وفوق ذلك فإن حركتهم بتفجراتها لم تكن دائما فى اتجاه الأرض الموعودة، وإنما تكاد تكون فى اتجاهات عشوائية. ونحن لم نستطع رؤية نزعة للتوجه إلى الأرض الموعودة إلا بالنظر بالتبصر للوراء إلى ذلك النمط من «الهجرة الكبرى» ذى المقياس الكبير.

إلى هذا الحد قد وصلت البلاغة عند مؤرخى الانجيل الترقيميين حتى أنهما أصبحا مثارا للإبهار عند «وسائل الأعلام». فصورهما تزين صفحات الغلاف الأمامية للمجلات الحديثة ذات التوزيع الضخم. ومامن برنامج تليفزيونى وثائقى عن التاريخ الانجيلى يكتمل بغير مقابلة مع واحد على الأقل من الترقيميين المبرزين. والناس ممن لايعرفون شيئا آخر عن الدراسات الانجيلية سوف لايتذكرون إلا حقيقة واحدة: أنه فى العصور المظلمة قبل الظهور المفاجئ للترقيميين على المسرح، كان كل من عداهما يخطئ فهم الأمر. ولنلاحظ أن القدر الذى راجت به شهرة الترقيميين لاصلة له بحقيقة أنهما قد يكونا على صواب، ولكن له صلة كل الصلة بالزعم بأن المراجع الثقات فيما سبق كانوا من أتباع «التدريجية» وكانوا على خطأ. فالسبب فى أن الترقيميين يسمع لهما، هو لأنهما يعرضان نفسيهما للبيع بإعتبارهما ثوريان، وليس لأنهما على صواب.

إن حكايتى عن مؤرخى الانجيل الترقيميين هى بالطبع ليست واقعا حقيقيا، وإنما هى تضرب المثل عن أمر مزعوم مماثل يثير الجدل بين دارسى التطور البيولوجى. وهذا المثل هو

فى بعض أوجهه مثل غير منصف، ولكنه ليس كله غير منصف، وفيه من الحقيقة مايكفى لتبرير روايته فى أول هذا الفصل. فثمة مدرسة للفكر يكثر الإعلان عنها بين البيولوجيين التطوريين، وأتباعها يسمون أنفسهم الترقيميين، وهم قد ابتكروا بالفعل لقب «التدريجيين» وأطلقوه على من سبقوهم من ذوى أكبر نفوذ. وقد حظى الترقيميون بشهرة هائلة بين جمهور لايكاد يعرف شيئا آخر عن التطور، وأغلب السبب فى ذلك أن موقفهم قد طُرح، بواسطة محررين مندوبين أكثر مما بواسطتهم هم أنفسهم، كموقف يختلف راديكاليا عن مواقف التطوريين السابقين، وخاصة موقف تشارلز داروين. وإلى هنا، فإن مثلى الانجيلى هو مثل منصف.

أما الوجه الذى لاينصف فيه التماثل فى قصة «مؤرخى الانجيل» فهو أن «من الواضح» فى قصتى أن «التدريجيين» رجال من القش لاوجود لهم، قد اصطنعهم الترقيميون. بينما فى حالة «التدريجيين» التطوريين، فإن حقيقة أنهم رجال من القش لاوجود لهم ليست واضحة تماما. فالأمر هنا فى حاجة إلى برهان. ومن الممكن أن تفسر كلمات داروين هو والكثيرين غيره من التطوريين على أنها تدريجية فى توجهها، إلا أنه سيصبح من المهم بعدها أن نتبين أن كلمة تدريجية هذه يمكن تفسيرها بطرق مختلفة لتعنى أشياء مختلفة. والحقيقة أنى سوف أنمىّ تفسيرا لكلمة «تدريجية» بحيث يكاد كل فرد حسب هذا التفسير أن يكون من تابعى مذهب التدريجية. ففى قضية التطور، على خلاف مثال الاسرائيليين، ثمة مثار جدل كامن أصيل، ولكن مثار الجدل الأصيل هذا هو بشأن تفاصيل صغيرة، لاتصل بأى حال إلى درجة من الأهمية تكفى لتبرير كل ماأثير فى وسائل الإعلام.

إن الترقيميين قد خرجوا أصلا من بين التطوريين، من صفوف العاملين بالباليونتولوجيا Palaeontology. والباليونتولوجيا هى علم دراسة الحفريات المتحجرة، وهى فرع هام جدا من البيولوجيا، لأن أسلافنا فى التطور قد ماتوا كلهم من زمن طويل، والحفريات هى مايوفر لنا الدليل الوحيد المباشر على الحيوانات والنباتات التى كانت فى الماضى البعيد. وإذا أردنا أن نعرف كيف كان يبدو أسلافنا فى التطور، فإن الحفريات هى أملنا الرئيسى. وقد كانت مدارس الفكر السالفة تزعم أن الحفريات مخلوقات من الشيطان،

أو أنها عظام الخطاة البؤساء الذين غرقوا فى الطوفان، ولكن ماإن تبين الناس ماتكونه الحفريات حقا، حتى أصبح من الواضح أن أى نظرية للتطور لابد وأن يكون لها توقعاتها المعينة بشأن سجل الحفريات. على أن هناك بعض النقاش عما تكونه هذه التوقعات بالضبط، وهذا، فى جزء منه، هو ماتدور بشأنه محاجة مذهب الترقيمية.

إنه لمن حسن حظنا أن لدينا أى حفريات على الإطلاق. وإحدى حقائق الحظ الحسن الملحوظة فى الجيولوجيا أن العظام والأصداف والأجزاء الأخرى الصلبة من الحيوانات، تستطيع أحيانا قبل أن يصيبها التحلل أن تترك طابعا دامغا يعمل فيما بعد كقالب يشكل الصخر وهو يتحجر ليصبحَ ذكرى دائمة للحيوان. ونحن لانعرف ماهى نسبة الحيوانات التى تحجرت بعد موتها ـ وأنا شخصيا أعتبر أنه مما يشرفنى أن أتحجر ـ على أنها بالتأكيد نسبة صغيرة جدا حقا. ومع ذلك فمهما كان صغر النسبة المتحجرة، فإن ثمة أشياء معينة فيما يتعلق بسجل الحفريات هى مما يتوقع أى عالم تطور أنها صادقة. فنحن مثلا سندهش جدا لو وجدنا حفريات للبشر تظهر فى هذا السجل فى وقت يسبق ما يفترض أنه الوقت الذى نشأت الثدييات فيه! ولو ظهرت جمجمة ثديية واحدة موثّقة جيدا فى صخور عمرها ٥٠٠ مليون سنة، لتهاوت تماما كل نظريتنا الحديثة عن التطور.

وعلى أى حال، فلو رتبنا حفرياتنا الأصلية فى نظام من الأقدم إلى الأحدث، فإن من المتوقع فى نظرية التطور رؤية بعض من التتالى المنظم بدلا من اختلاط الحابل بالنابل.. ومما يدور بأكثر حول النقطة المهمة فى هذا فصل، أن الصور المختلفة من نظرية التطور، مثل «التدريجية» و«الترقيمية»، قد تتوقع كل منها رؤية صنوف مختلفة من الأنماط. وتوقعات كهذه لايمكننا اختبارها إلا إذا كان لدينا وسيلة ما «لتأريخ» الحفريات، أو على الأقل لمعرفة الترتيب الذى تم فيه ترسيبها. ومشاكل تأريخ الحفريات، وحلول هذه المشاكل تتطلب منا استطرادا قصيرا، هو أول استطراد من [illegible] استطرادات أسأل القارئ أن يتحملها. فهى ضرورية لشرح الموضوع الرئيسى لهذا الفصل.

إننا نعرف منذ زمن طويل كيف ننظم الحفريات حسب الترتيب الذى رُسّبت فيه وطريقة ذلك مبنية فى الداخل من عبارة «رسبت فيه». فمن الواضح أن الحفريات الأحدث

تُرسَّب من فوق الحفريات الأقدم بدلا من أن تكون تحتها، فهى بالتالى تقع من فوقها فى ترسيبات الصخور. ويحدث أحيانا أن تتمكن الثورات البركانية من قلب كتلة الصخر رأسا على عقب، وعندها بالطبع، إذ نحفر لأسفل، سنجد ترتيب الحفريات مقلوبا بالضبط، على أن هذا أمر يبلغ من ندرته ما يكفى لأن يكون واضحا عندما يحدث. ورغم أننا يندر أن نجد سجلا تاريخيا كاملا عندما نحفر لأسفل خلال صخور أى منطقة واحدة، إلا أننا يمكننا أن نجمّع معا سجلا جيدا من أجزاء متداخلة من مناطق مختلفة (الواقع أنه رغم أننى استخدم صورة «الحفر لأسفل» إلا أن علماء الباليونتولوجيا قلما يقومون بالحفر حرفيا لأسفل خلال الطبقات، وأكثر الاحتمال أنهم يجدون الحفريات مكشوفة بالتآكل على أعماق شتى). وعلماء الباليونتولوجيا، قبل أن يعرفوا بزمن طويل طريقة تأريخ الحفريات بالملايين الفعلية من السنين، كانوا قد استنبطوا نظاما موثوقا به عن العصور الجيولوجية، وكانوا يعرفون بتفصيل عظيم أى عصر يأتى قبل الآخر. وبعض أنواع الأصداف هى مؤشرات لأعمار الصخور موثوق بها بما يجعلها من المؤشرات الرئيسية التى يستخدمها المنقبون عن البترول فى حقوله. وعلى كل فإنها فى حد ذاتها يمكن أن تخبرنا عن الأعمار النسبية لطبقات الصخر، ولكنها لاتخبرنا قط بالأعمار المطلقة.

ومند زمن أحدث من ذلك، حصلنا، كنتيجة لما حدث فى الفيزياء من أوجه تقدم، على طرق لتحديد التواريخ المطلقة من ملايين السنين بالنسبة للصخور وما تحتويه من حفريات. وتعتمد هذه الطرق على حقيقة أن عناصر مشعة معينة تتحلل بسرعات معروفة على وجه الدقة. والأمر كأن ثمة ساعات توقيت منمنمة ومضبوطة قد دفنت على النحو المناسب فى الصخور. وكل ساعة توقيت قد بدأ تشغيلها لحظة أن دفنت. وكل ماعلى عالِم الباليونتولوجيا هو أن يحفر لاستخراجها ليقرأ الزمان المسجل على عدادها. وهناك أنواع مختلفة من ساعات التوقيت الجيولوجية المؤسسة على التحلل الإشعاعى، يدور كل منها بسرعة مختلفة. فساعة توقيت الكربون المشع تدور فى أزيز بسرعة كبيرة، حتى ليبلغ من سرعتها أن زنبركها بعد بضعة آلاف من السنين يكاد يتوقف عن الدوران؛ وتصبح الساعة بعدها غير موثوق بها. وهى ساعة ملائمة لتأريخ المواد العضوية بمقياس الزمان الأثرى / التاريخى حيث نتعامل بمئات السنين أو بآلاف قليلة من السنين، ولكنها ساعة لاتصلح لمقياس الزمان التطورى حيث نتعامل بملايين السنين.

أما بالنسبة للزمان التطورى فإن ما يناسبه هو أنواع أخرى من الساعات مثل ساعة البوتاسيوم ـ الأرجون. وهذه الساعة بطيئة جدا بما لايلائم مقياس الزمان الأثرى / التاريخى. فإستخدامها فيه يشبه أن نستخدم عقرب الساعات فى ساعة عادية لتوقيت عدو أحد الرياضيين لمائة ياردة. ومن الناحية الأخرى فإن توقيت الماراثون الأعظم وهو التطور، يحتاج بالضبط إلى ساعة من نوع البوتاسيوم / الأرجون. وثمة «ساعات توقيت» إشعاعية أخرى، كل منها له معدل إبطائه الخاص، كساعة الرومبيديوم ـ السترونشيوم، وساعة اليورانيوم ـ الثوريوم ـ الرصاص. هذا الاستطراد إذن، قد أخبرنا بأنه عندما يواجه العالم الباليونتولوجيا بحفرية، فإنه يستطيع عادة أن يعرف متى عاش الحيوان، بمقياس زمنى مطلق من ملايين السنين. وقد دخلنا فى هذا النقاش عن التاريخ والتوقيت فى المقام الأول، كما تذكر، بسبب اهتمامنا بما ينبغى أن تكونه توقعات الأنواع المختلفة من النظريات التطورية بشأن سجل الحفريات ـ كما فى نظرية «الترقيمية» و«التدريجية»، الخ. وقد حان الوقت الآن لمناقشة هذه التوقعات المختلفة.

لنفرض أولا، أن الطبيعة كانت غاية فى الكرم مع علماء الباليونتولوجيا فأعطتهم حفرية لكل حيوان عاش قط (أو لعلها هنا غير كريمة، لو فكرت فيما سيتطلبه الأمر من العمل الإضافى). لو أمكننا حقا أن نشهد سجل حفريات كامل هكذا، قد تم تنظيمه بعناية حسب الترتيب الزمانى، فما الذى ينبغى أن نتوقع رؤيته نحن كعلماء تطور؟ حسن، لو كنا من «التدريجيين»، بالمعنى المصوّر كاريكايتريا فى المثل المضروب عن الاسرائيليين، فإننا ينبغى أن نتوقع شيئا يشبه ما يلى، وهو أن التتاليات الزمنية للحفريات ستبين دائما اتجاهات تطورية سلسة ذات معدلات ثابتة من التغيير. وبكلمات أخرى، لو أن لدينا ثلاث حفريات أ،و ب، و ج، وكانت أ هى السلف لـ ب، وب هى السلف لـ ج،فإننا ينبغى أن نتوقع أن يكون لـ ب المتوسط المناسب فى الشكل بين أ، و ج.فلو كان لـ أ مثلا ساق طولها ٢٠ بوصة، ولـ ج ساق طولها ٤٠ بوصة، فإن ساق ب ينبغى أن تكون وسطا، بحيث يكون طولها المضبوط متناسبا والزمن الذى مر بين وجود أ ووجود ب.

ولو ذهبنا بالتصور الكاريكاتيرى لمذهب التدريجية إلى نتيجته المنطقية، فإننا كما حسبنا متوسط سرعة الاسرائيليين بـ ٢٤ ياردة فى اليوم، فإنه بمثل ذلك تماما يمكننا حساب

متوسط سرعة زيادة طول السيقان فى خط الإنسال التطورى من أ إلى ج. فلو كان أ مثلا قد عاش ٢٠ مليون سنة قبل ج يكون لدينا معدل نمو تطورى هو ٢٠ بوصة للساق فى كل ٢٠ مليون سنة، أو واحد من المليون من البوصة لكل سنة (لملائمة هذا بالتقريب مع الواقع، نذكر أن أقدم الأعضاء المعروفين من عائلة الخيل Hyracotherium، قد عاش منذ حولى ٥٠ مليون سنة، وكان فى حجم كلب الصيد terrier). والآن فإن التصور الكاريكاتيرى لمن يتبع المذهب التدريجى يفترض أنه يؤمن بأن السيقان يزيد نموها زيادة ثابتة عبر الأجيال، بهذه السرعة البطيئة جدا: ولنقل مثلا أنها ٤ من المليون من البوصة لكل جيل، وذلك لو افترضنا أن مايشبه زمن الجيل عند الخيل يقارب ٤ أعوام. ويفترض فيمن يتبع المذهب التدريجى أنه يؤمن بأنه على مركل تلك الملايين من الأجيال يكون الأفراد الذين تزيد أطوال سيقانهم عن طول المتوسط بأربعة من المليون من البوصة، أفرادا لهم بذلك ميزة على ذوى السيقان متوسطة الطول. والإيمان بذلك يشبه الإيمان بأن الإسرائيليين كانوا يسافرون عبر الصحراء بمعدل ٢٤ ياردة كل يوم.

ونفس الشئ يصدق حتى على واحد من أسرع التغيرات التطورية المعروفة، وهو تمدد حجم الجمجمة البشرية إبتداءا مما كان فى سلف يشبه نوع استرالو بثيكوس Australo-pithecus حيث حجم المخ يقرب من خمسمائة سنتيمتر مكعب (سم٣) حتى النوع الحديث هوموسابينز Homosapiens الذى يبلغ متوسط حجم مخه ما يقرب من ١٤٠٠ سم٣. وهذه الزيادة بما يقرب من ٩٠٠ سم٣، أى زيادة حجم المخ بثلاثة أمثال تقريبا،قد تم إنجازها فيما لايزيد عن ثلاثة ملايين من الأعوام. ويعد هذا، بالمقاييس التطورية، معدلا سريعا للتغير: ويبدو أن حجم المخ يتمدد كالبالونة، بل إنه عند النظر إلى جمجمة الإنسان الحديث من بعض الزوايا، فإنها تبدو بالفعل مشابهة لبالون مستدير ناتئ إذ تقارن بجمجمة نوع استرالو بثيكوس الأكثر تفلطحا وذات الجبين المائل. ولكننا لو أحصينا عدد الأجيال فى ثلاثة ملايين عام (ولنقل أنها تقريبا أربعة فى كل قرن)، فإن متوسط سرعة التطور يكون أقل من جزء من المائة من السنتيمتر المكعب لكل جيل. وكاريكاتير تابع التدريجية يفترض أنه يؤمن بأنه كان ثمة تغير بطئ لايتوقف جيلا بعد جيل، بحيث أن الأبناء فى كل جيل يكون مخهم أكبر قليلا من آبائهم، أكبر بقدر ٠,٠١ سم٣. وفيما يزعم فإن

٠,٠١ سم٣. وفيما يُزعم فإن هذا القدر الإضافى الذى يبلغ واحد من المائة من السنتيمتر المكعب يفترض فيه أنه يمد كل جيل لاحق بميزة للبقاء لها دلالتها عند المقارنة بالجيل السابق.

على أن مقدار جزء من المائة من السنتيمتر المكعب لهو مقدار بالغ الصغر عند مقارنته بمدى أحجام المخ الذى نراه بين البشر المحدثين. ومن الحقائق التى كثيرا مايستشهد بها أن الكاتب أناتول فرانس مثلا ـ وهو رجل نال جائزة نوبل وليس من الحمقى ـ له مخ حجمه أقل من ١٠٠٠ سم٣، بينما على الطرف الآخر من المدى، فإن من المعروف أنه توجد أمخاخ من ٢٠٠٠ سم٣: وكثيرا مايُذكر أوليفر كروموبل كمثل لذلك، وإن كنت لا أعرف ماهية توثيق ذلك. وإذن، فإن متوسط زيادة كل جيل بقدر ٠,٠١ سم٣، والذى يَفترض تابع التدريجية الكاريكايترى أنه يمنح ميزة بقاء ذات دلالة، هو مجرد جزء من مائة ألف من مقدار «الاختلاف» بين مخى أناتول فرانس وأوليفر كروموبل! ولحسن الحظ فإن تابع التدريجية الكاريكاتيرى لاوجود له حقا.

حسن، إذا كان هذا النوع من أتباع التدريجية هو كاريكاتير لاوجود له ـ طاحونة يصوب لها الترقيميون رماحهم(*) ـ هل هناك نوع آخر من أتباع التدريجية موجود حقا ويتمسك باعتقادات هى مما يمكن الدفاع عنه؟ سوف أبين أن الإجابة هى نعم، وأن صفوف أتباع التدريجية بهذا المعنى الثانى، تشمل كل التطوريين المعقولين، بما فيهم أولئك الذين يسموه أنفسهم بالترقيميين وذلك عندما تعاود النظر إلى معتقداتهم بنظرة حريصة. ولكن يجب أن نفهم لماذا «يظن» الترقيميون أن آرائهم ثورية ومثيرة. ونقطة البداية لمناقشة هذه الأمور هى الوجود الظاهر «لفجوات» فى سجل الحفريات، وها نحن نلتفت الآن لهذه الفجوات.

تبين التطوريون منذ داروين وما تلاه، أننا لو رتبنا كل الحفريات المتاحة لنا ترتيبا زمنيا، فإنها «لا» تشكل تتاليا سلسا من التغير الذى لايكاد يدرك. ومن المؤكد أننا نستطيع تمييز اتجاهات للتغير على المدى الطويل ـ فالسيقان تزداد طولا فى اطراد، والجماجم تزداد تمددا فى اطراد، وهكذا دواليك ـ ولكن الاتجاهات كما نراها فى سجل الحفريات تكون

(*) إشارة لرواية «دون كيشوت» المشهورة حيث يتوهم البطل أن طواحين الهواء أعداء له فينازلها (المترجم).

عادة بانتفاض وليس بسلاسة. وقد افترض داروين ومعظم من أتوا بعده أن سبب هذا أساسا هو عدم اكتمال سجل الحفريات. وكان رأى داروين أن سجل الحفريات الكامل، لو أنه وجد لدينا، «فلسوف» يبين تغيرا لطيفا وليس انتفاضيا. ولكن كما كانت عملية تكوين الحفريات هى من فعل الصدفة، والعثور على هذه الحفريات كما تكون لهو أقل تصادفا بما يجعله نادرا، فالأمر إذن وكأن لدينا فيلم سينمائى تنقصه أغلب مشاهده. ومن المؤكد أننا عندما نعرض فيلمنا عن الحفريات، نستطيع أن نرى حركة من نوع ما، ولكنها حركة انتفاضية إلى حد أكبر مما يفعله شارلى شابلن، بل إن أقدم أفلام شارلى شابلن، وأكثرها خربشة لن يكون قد فقد بالكامل مايبلغ تسعة أعشار مشاهده.

وعندما قدم عالما الباليونتولوجيا الأمريكيان، نايلز إلدرج وستيفن جاى جولد، نظريتهما عن التوازنات المرقمة Punctuated equilibria لأول مرة فى عام ١٩٧٢ ، فإنهما قدما ما أصبح يعرض منذ ذلك الوقت كطرح لفرض مختلف تماما. إنهما قد اقترحا أن سجل الحفريات قد لايكون فى الواقع ناقصا بدرجة النقص التى نتصورها. ولعل «الفجوات» هى انعكاس حقيقى لما حدث واقعيا، بأولى من أن تكون نتائج مزعجة لايمكن تجنبها لسجل حفريات غير مكتمل. وهما يقترحان أنه ربما قد حدث فعلا بمعنى ما أن كان التطور يجرى فى تفجرات مفاجئة، تضع فاصلة ترقيم بين فترات طويلة من «السكون»، حيث لايقع تغير تطورى فى السلالة المعينة.

وقبل أن نصل لنوع التفجرات المفاجئة فى ذهنهم، فإن هناك بعض تصورات لمعانى «التفجرات المفاجئة» هى فى أغلب اليقين مما لم يكن فى ذهنهم. وهى مما ينبغى إزاحته من الطريق، لأنها كانت موضعا لأوجه لبس خطيرة. فالدردج وجولد يوافقان بالتأكيد على أن بعض الفجوات الهامة جدا ترجع فى الواقع إلى أوجه نقص فى سجل الحفريات. وهى أيضا فجوات كبيرة جدا. فطبقات الصخور الكمبرية Cambrian مثلا، وهى حصاد مايقرب من ٦٠٠ مليون سنة، هى أقدم طبقات نجد فيها معظم المجموعات الرئيسية من اللافقريات. ونحن نجد الكثير منها وهى فعلا فى حال متقدم من التطور، فى نفس المرة الأولى التى تظهر لنا فيها. والأمر كما لو كانت قد زرعت وحسب هناك، بغير أى تاريخ تطورى. وعلى كل فإن التطوريين من كل الألوان يؤمنون بأن هذا يمثل فى الواقع فجوة

كبيرة جدا فى سجل الحفريات، فجوة ترجع ببساطة إلى حقيقة أنه لسبب ما لم تتبق إلا حفريات قليلة جدا من الفترات السابقة بما يقرب من ٦٠٠ مليون سنة. ولعل أحد الأسباب القوية لذلك أن الكثير من هذه الحيوانات لم يكن فى أجسادها سوى أجزاء لينة: فما من صدف أو عظام لتتحجر. ووجهة نظرى هنا هى أننا عندما نتحدث عن فجوات من هذا الحجم، فإنه ما من اختلاف بأى حال بين تفسيرات «الترقيميين» و «التدريجيين». فكلتا مدرستى الفكر تتفقان على أن الفجوات «الرئيسية» أمر واقعى، وأنها أوجه نقص حقيقية فى سجل الحفريات.

وثمة معنى آخر يمكن تصوره يمكن فيه القول بأن التطور يحدث بانتفاضات مفاجئة، ولكنه أيضا ليس نفس المعنى الذى طرحه الدردج وجولد، على الأقل كما فى معظم كتاباتهما. فمما يمكن تصوره أن بعض «الفجوات» الظاهرة فى سجل الحفريات تعكس واقعيا بالفعل تغيرا مفاجئا فى جيل واحد. ومما يمكن تصوره هنا أنه لم يكن هناك فى الواقع أى توسطيات intermediates، ومما يمكن تصوره أن تغيرات تطورية كبيرة قد تم وقوعها فى جيل واحد. فقد يولد ابن يختلف تماما عن أبيه حتى أن انتماءه يكون على نحو صحيح إلى نوع مختلف عن أبيه. فهو فرد طافر، ويبلغ من كبر طفرته أننا ينبغى أن نشير إليها على أنها طفرة كبرى macro mutatin. ونظريات التطور التى تعتمد على الطفرات الكبرى تسمى النظريات «الوثوبية» من كلمة «الوثب» باللاتينية saltus. ولما كانت نظرية التوازنات المرقمة كثيرا مايخلط أمرها بالوثوبية الحقيقية، فمن المهم هنا أن نناقش الوثوبية ونبين السبب فى أنها لايمكن أن تكون عاملا هاما فى التطور.

إن الطفرات الكبرى - أى الطفرات ذات التأثير الكبير - لهى مما يحدث بلا شك. والقضية المثارة هنا ليست عما إذا كانت تحدث، وإنما هى عما إذا كانت تلعب دورا فى التطور، وبعبارة أخرى هل هى تُدخَل إلى مستودع الجينات للنوع، أو هى على العكس من ذلك، يتم التخلص منها دائما بواسطة الانتخاب الطبيعى. ومن الأمثلة المشهورة للطفرات الكبرى ظهور القرون الساقيّة فى ذبابة الفاكهة، وقرون الاستشعار عند الحشرة السوية فيها شئ مشترك مع السيقان، وهما ينموان فى الجنين بطريقة متشابهة. على أن الفروق أيضا بارزة، وكلا النوعين من الأطراف يستخدم لأغراض مختلفة تماما: فالسيقان

للمشى، وقرون الاستشعار للتحسس والشم وأغراض الإحساس الأخرى. وحشرات الذباب ذات القرون الساقيّة هى فلتات قد نمت فيها قرون الاستشعار مثل السيقان تماما. أو بطريقة أخرى، فإنها حشرات ذباب ليس لها قرون استشعار وإنما لها زوج سيقان إضافية، تنمو خارجة من التجاويف التى كان ينبغى أن يكون فيها قرون استشعار. وهذه طفرة حقيقية من حيث أنها ناتجة عن خطأ فى نسخ **د ن أ**. وهى تنتقل بالتناسل حقا عندما يتم فى المعمل تدليل حشرات الذباب هذه ذات القرن الساقى بحيث تعيش من الزمن ما يكفى لأن يحدث التناسل. ولكنها لن تعيش فى الخلاء الزمن الكافى لذلك، لأن حركاتها خرقاء، وحواسها الحيوية تالفة.

وهكذا فإن الطفرات الكبرى تحدث فعلا، ولكن هل هى تلعب دورا فى التطور؟ إن من يسمون بالوثوبيين يؤمنون، أن الطفرات الكبرى هى وسائل يمكن بواسطتها أن يحدث فى جيل واحد قفزات رئيسية فى التطور. وقد كان ريتشارد جولدشميدت الذى لاقيناه فى الفصل الثالث وثوبيا حقيقيا. ولو كان مذهب الوثوبيه حقيقيا فإن «الفجوات» الظاهرة فى سجل الحفريات لايلزم مطلقا أن تكون فجوات. والوثوبى قد يعتقد مثلا أن الانتقال من نوع استرالو بثيكوس صاحب الجبهة المائلة إلى هوموسابينز صاحب الجبهة ذات القبة هو انتقال قد حدث فى خطوة طفرية كبيرة واحدة فى جيل واحد. والاختلاف فى الشكل بين النوعين هو فيما يحتمل أقل من الاختلاف بين ذبابة فاكهة سوية وأخرى لها قرن ساقىّ، ومن الممكن نظريا تصور أن أول هوموسابينز كان طفلا فلتة ـ لعله طفل منبوذ مضطهد ـ لأبوين سويين من نوع استرالوبثيكوس.

وهناك أسباب قوية جدا لرفض كل هذه النظريات الوثوبية عن التطور. وأحد الأسباب التى تكاد تكون مملة هو أنه لو كان ثمة نوع جديد يظهر حقا فى خطوة طفرية واحدة، فإن أعضاء النوع الجديد قد يجدون من الصعب عليهم العثور على رفيق زواج لهم. على أنى أجد هذا السبب أقل إنباءا وإثارة للإهتمام عن سببين آخرين سبق الإشارة لهما فى نقاشنا عن السبب فى أنه من غير الوارد أن تكون ثمة قفزات كبيرة عبر أرض البيومورفات. وأول هاتين النقطتين هى ما طرحه عالم الإحصاء والبيولوجيا العظيم د.أ. فيشر، الذى التقينا به بشأن أمور أخرى فى الفصول السابقة. وفيشر كان خصما راسخا فى إيمانه ضد

كل أشكال الوثوبية، وذلك فى زمن كانت الوثوبية فيه أكثر رواجا مما هى عليه الآن، وقد استخدم التمثيل التالى. فهو يقول، فكر فى ميكروسكوب يكاد يكون مضبوطا على البعد البؤرى ولكن ليس بما هو كامل تماما، وفيما عدا ذلك فإن ضبطه هذا يصلح للرؤية الواضحة. لو أجرينا بعض تغيير عشوائى فى وضع الميكروسكوب (يناظر حدوث طفرة) ماهو احتمال أننا سنحسن بذلك بؤرة الصورة ونوعيتها عموما؟ ويقول فيشر:

«من الواضح بما يكفى أن أى تعديل كبير سيكون ـ احتمال تحسينه للضبط احتمالا صغيرا جدا، أما فى حالة التغييرات التى تقل كثيرا عن أصغر تغيير ينفذه المشغّل أو الصانع عن عمد، فإنه ينبغى أن تصل فرصة التحسن إلى مايقرب من النصف بالضبط».

لقد أشرت من قبل إلى أن ماكان فيشر يجد أنه «تسهل رؤيته» قد يضع أعباء هائلة على القوى الذهنية لدى العلماء العاديين، ويصدق ذلك على ما تصور فيشر هنا أنه «من الواضح بما يكفى». وعلى كل فإنه عند المزيد من التأمل، يكاد دائما يظهر لنا أنه على حق، وفى هذه الحالة فإنه يمكننا إثبات ذلك بما يرضينا دون صعوبة كبيرة جدا. ولنتذكر أننا قد افترضنا أن الميكروسكوب يكاد يكون مضبوطا على البعد البؤرى الصحيح قبل أن نبدأ. هب أن العدسة منخفضة قليلا عما ينبغى أن تكونه للبعد البؤرى المضبوط، ولنقل أنها تقترب من الشريحة بما يزيد عما ينبغى بقدر يصل إلى عُشر البوصة، فإذا حركناها الأن قدرا صغيرا، لنقل أنه واحد من المائة من البوصة. وفى إتجاه عشوائى، ماذا يكون احتمال أن يتحسن الضبط البؤرى؟ حسن، لو أتفق أننا حركناها «لأسفل» بواحد من المائة من البوصة فإن الضبط البؤرى سيسوء. ولو أتفق أننا حركناها «أعلى» بواحد من المائة من البوصة فإن الضبط البؤرى سيتحسن. وحيث أن اتجاه حركتنا هو اتجاه عشوائى، فإن فرصة أى من هذين الحدثين هى بالنصف. وكلما صغرت حركة الضبط بالنسبة للخطأ الابتدائى، زاد اقتراب فرصة التحسن من النصف. وهذا يكمل تبرير الجزء الثانى من مقولة فيشر.

ولكن، هب الآن أننا حركنا أسطوانة الميكروسكوب مسافة كبيرة ـ ترادف الطفرة الكبرى ـ وأيضا فى اتجاه عشوائى، هب أننا حركناها بوصة كاملة. لن يكون من المهم

الآن ماهو الاتجاه الذى حركناها فيه، لأعلى أو لأسفل، فسنظل فى الحالين نجعل الضبط البؤرى أسوأ مما كان عليه من قبل. ولو صادف، أن حركناها لأسفل، فإنها ستصبح الآن أبعد من الوضع الأمثل ببوصة وعشر البوصة (ولعلها أيضا ستصطدم بالشريحة ساحقة إياها). ولو صادف أن حركناها لأعلى، ستصبح الآن أبعد من وضعها الأمثل بتسعة أعشار البوصة. وقبل التحريك، فإنها كانت أبعد فحسب بعشر البوصة عن وضعها الأمثل، وهكذا فإن حركتنا الكبيرة «بطفرة كبرى» فى أى الاتجاهين تكون أمرا سيئا. ها قد قمنا بحسابات حركة كبيرة جدا (طفرى كبرى) وحركة صغيرة جدا (طفرة صغرى). ومن الواضح أنه يمكننا القيام بنفس الحسابات لمدى من الحركات على مسافات فى الوسط، ولكن ليس مايدعو للقيام بذلك. فأعتقد أنه أصبح من الواضح الآن بما يكفى حقا أنه كلما كانت الحركة التى نقوم بها أصغر، سنقترب بأوثق إلى الحالة القصوى التى تكون احتمالات التحسين فيها هى بالنصف، وكلما كانت الحركة التى نقوم بها أكبر اقتربنا بأوثق إلى الحالة القصوى التى تكون احتمالات التحسن فيها هى الصفر.

سيلاحظ القارئ أن هذه المحاجة تعتمد على الافتراض الأصلى بأن الميكروسكوب كان بالفعل جد قريب من أن يكون على البعد البؤرى المضبوط حتى قبل أن نبدأ حركات الضبط العشوائية. ولو أن حال الميكروسكوب بدأ وهو يبتعد عن البعد البؤرى المضبوط ببوصتين، فإذن سوف يكون للتغيير العشوائى بمسافة بوصة فرصة ٥٠ فى المائة لأن يكون فيه تحسين، تماما مثلما كانت الفرصة للتغيير العشوائى لمسافة واحد من المائة من البوصة. وفى هذه الحالة فإن «الطفرة الكبرى» يبدو لها ميزة تحريك الميكروسكوب حركة أسرع نحو البعد البؤرى المضبوط. وبالطبع فإن محاجة فيشر ستنطبق هنا على «طفرات عظمى» mega matations هى مثلا بالحركة لمسافة ست بوصات فى اتجاه عشوائى.

لماذا إذن يُسمح لفيشر بأن يطرح افتراضه الأصلى بأن الميكروسكوب عند البداية كان تقريبا مضبوطا على البعد البؤرى؟ إن هذا الغرض ينبغ من دور الميكروسكوب فى التماثل. فالميكروسكوب بعد ضبطه العشوائى يمثل حيوانا طافرا. والميكروسكوب قبل ضبطه

العشوائى يمثل الوالد السوى غير الطافر لما يفترض أنه الحيوان الابن الطافر. ولما كان والدا، فلا بد وأنه قد عاش بما يكفى لأن يتكاثر، وإذن فإنه لايمكن أن يكون على بعد كبير من حسن الضبط. وبالسبب نفسه، فإن الميكروسكوب قبل تحريكه عشوائيا لايمكن أن يكون على مسافة كبيرة من البعد البؤرى المضبوط، وإلا فإن الحيوان الذى يمثله فى هذا التماثل لم يكن ليستطيع البقاء مطلقا. وهذا فقط تماثل، وليس من داع لأن نناقش ما إذا كانت «مسافة كبيرة» تعنى مسافة بوصة أو عُشر البوصة أو واحد من الألف من البوصة. فالنقطة المهمة هى أننا لو نظرنا فى طفرات يتزايد حجمها أبدا، فسوف تأتى نقطة يحدث عندها أنه كلما زاد حجم الطفرة قل احتمال أن تكون مفيدة، بينما لو نظرنا فى طفرات يقل حجمها أبدا، فسوف تأتى نقطة يحدث عندها أن الفرصة لأن تكون الطفرة مفيدة هى ٥٠ فى المائة.

وإذن فإن المحاجة عما إذا كانت الطفرات الكبرى مثل القرن الساق يمكن لها قط أن تكون مفيدة (أو على الأقل يمكن تجنب أن تكون ضارة)، وبالتالى عما إذا كانت تستطيع أن تؤدى إلى تغير تطورى، هذه المحاجة تتحول إذن إلى سؤال عن (قدر) «كبر الطفرة» التى ننظر أمرها. فكلما زادت «كبرا»، زاد احتمال أن تكون ضارة، وقل احتمال إدخالها فى تطوير النوع. وواقع الأمر بالفعل أن كل الطفرات التى تمت دراستها فى معامل الوراثيات ـ والتى تكون كبيرة إلى حد ما وإلا فإن علماء الوراثة لم يكونوا ليلحظوها ـ هى طفرات ضارة للحيوانات التى تحوزها (مما يثير السخرية إنى قابلت أفرادا يعتقدون أن هذه محاجة «ضد» الداروينية!). وإذن فإن محاجة فيشر عن الميكروسكوب تزود بأحد أسباب الشك فى النظريات «الوثوبية» عن التطور، أو على الأقل فى أشكالها المتطرفة.

والسبب العام الآخر لعدم الإيمان بالوثوبية الحقة هو أيضا سبب إحصائى، وقوته أيضا تعتمد كميا على «قدر» كبر الطفرة الكبرى التى نفترضها. وهو فى هذة الحالة يختص بتركب التغيرات التطوريه. والكثير من التغيرات التطورية التى نهتم بها، وليست كلها، هى أوجه تقدم فى تركب التصميم. وأقصى مثل لذلك، مثل العين الذى ناقشناه فى فصول سابقة، لهو مما يوضح هذه النقطة. فالحيوانات ذات الأعين المشابهة لأعيننا قد تطورت من أسلاف ليس لها أعين على الإطلاق. والوثوبى المتطرف قد يفترض أن التطور إنما وقع فى

خطوة طفرية واحدة. فالأب لاعين له على الإطلاق، وحيث كان يمكن أن تكون العين لايوجد سوى مجرد جلد عار. ثم هو ينجب نسلا فلتة له عين مكتملة النمو، مكتملة بعدسة ذات بؤرة متغيرة، وحجاب قزحية «لتعديل فتحة الضوء»، وشبكية ذات ملايين من الخلايا الضوئية للألوان الثلاثة، كلها بالأعصاب الموصلة توصيلا صحيحا إلى المخ لتزوده برؤية بالعينين صحيحة مجسمة ملونة.

فى نموذج البيومورف قد افترضت أن هذا النوع من التحسين ذى الأبعاد المتعددة لا يمكن أن يحدث. وسأعيد باختصار السبب فى أن هذا الافتراض معقول، فحتى تصنع عينا من لاشئ لاتحتاج فحسب إلى تحسين واحد وإنما تحتاج إلى عدد كبير من التحسينات. وأى واحد من هذه التحسينات هو فى حد ذاته قليل الاحتمال إلى حد ما، ولكننه ليس قليل الاحتمال إلى حد أن يكون محالا. وكلما زاد عدد التحسينات المتزامنة موضع بحثنا، قل احتمال وقوعها متزامنة. واتفاق وقوعها متزامنة يرادف الوثوب لمسافة كبيرة عبر أرض البيومورف، ثم تصادف الهبوط على نقطة واحدة مقصودة بعينها. ولو اخترنا أن نبحث أمر عدد من التحسينات هو كبير بما يكفى، فإن حدوثها معا يصبح من قلة الاحتمال حتى ليصبح محالا بأى معنى أو قصد. وقد سبق عرض هذه المحاجة بما يكفى، على أنه قد يكون من المفيد أن نضع خطا يميز بين نوعين من الطفرات الكبرى الافتراضية، كلاهما «يبدو» من غير الوارد بسبب محاجة التركب ولكن واحدا منهما فقط هو فى الحقيقة غير وارد «فعلا» بسب محاجة التركب. وسوف أعنونهما لأسباب ستصبح واضحة بالطفرات الكبرى من نوع طائرة البوينج ٧٤٧ والطفرات الكبرى من نوع طائرة دى سى ٨ DC 8 الممدودة.

والطفرات الكبرى من نوع البوينج ٧٤٧ هى التى تكون حقا من غير الوارد بسبب محاجة التركب التى سبق ذكرها توا. وهى قد منحت هذا الإسم بسبب سوء فهم لاينسى لنظرية الانتخاب الطبيعي كان على يد عالم الفلك سير فريد هويل. فهو قد قارن الانتخاب لطبيعى، من حيث مايزعم من قلة احتماله. بإعصار يهب عبر فناء للخردة فيصدف أن يجمّع طائرة بوينج ٧٤٧. وكما رأينا فى الفصل الأول فإن هذا تماثل زائف بالكلية عند تطبيقه على الانتخاب الطبيعى، ولكنه تماثل جيد جدا لفكرة أن أنواعا معينة من

الطفرات الكبرى تؤدى إلى تغيير تطورى. والحقيقة أن خطأ هويل الأساسى هو أن فكرته تؤدى فعلا (دون أن يتبين هو ذلك) إلى أن نظرية الانتخاب الطبيعى تعتمد «فعلا» على الطفرات الكبرى. وفكرة أن طفرة كبرى واحدة تؤدى إلى عين تقوم بوظيفتها على الوجه الأكمل ولها قائمة الخواص المذكورة أعلاه، وحيث لم يكن هناك قبل ذلك سوى جلد عار، لهى حقا أمر يماثل فى قلة احتماله أن تؤدى زوبعة إلى تجميع طائرة بوينج ٧٤٧. وهذا هو السبب فى أنى أشير لهذا النوع من الطفرات الكبرى الافتراضية على أنه طفرة كبرى من نوع بوينج ٧٤٧.

والطفرات الكبرى من نوع دى سى ٨ الممدودة، رغم أنها قد تكون ذات تأثيرات كبيرة الحجم، إلا أنها كما يثبت فى النهاية ليست كبيرة من حيث التركّب. وطائرة دى س ٨ الممدودة هى طائرة ركاب صنعت بتعديل طائرة ركاب أقدم، هى دى س ٨. وهى تشبه دى س ٨، إلا أنها قد طُوِّل من جسمها. وقد حدث فيها تحسين على الأقل من وجهة نظر واحد، هى أنها تستطيع أن تحمل عدد ركاب أكبر من طائرة دى س ٨ الأصلية. والتمديد كان بزيادة كبيرة فى الطول، وهو بهذا المعنى مماثل لطفرة كبرى. ومما هو شيق بأكثر، أن زيادة الطول تبدو للنظرة الأولى كزيادة فيها تركب. فحتى تزيد من طول جسم طائرة ركاب، لن يكفى أن تدخل فحسب طولا إضافيا على أسطوانة مقصورة الركاب. وإنما يجب عليك أيضا أن تزيد طول ما لا يحصى من قنوات، وكابلات، وأنابيب هواء، وأسلاك كهربائية. وعليك أن تضع مزيدا من الكثير من المقاعد، ومنافض السجائر، ومصابيح القراءة، وأجهزة للاختيار من بين ١٢ قناة موسيقية، وفتحات للهواء النقى. وسيبدو للنظرة الأولى أن هناك فى دى سى الممدودة تركب أكبر كثيرا مما فى دى سى العادية، ولكن هل هناك حقا تركب أكثر؟ إن الإجابة هى لا، على الأقل من حيث أن الأشياء «الجديدة» فى الطائرة الممدودة هى مجرد «المزيد من نفس الأشياء». وبيومورفات الفصل الثالث كثيرا ما تُظهر طفرات كبرى من نوع طائرة دى سى الممدودة.

ماعلاقة هذا بالطفرات فى الحيوانات الحقيقية؟ الإجابة هى أن بعض الطفرات الحقيقية تسبب تغيرات كبيرة تشبه كثيرا التغير من دى سى ٨ إلى دى سى ٨ الممدودة،

وبعض هذه التغيرات، وإن كانت بمعنى ما طفرات «كبرى»، إلا أنها قد أدخلت بصورة أكيدة فى التطور. فالثعابين مثلا، كلها لها فقرات أكثر كثيرا من أسلافها. وقد أمكننا التأكد من ذلك حتى ولو لم يكن لدينا أى حفريات، لأن الثعابين لديها فقرات أكثر كثيرا من أقاربها التى بقيت حية. وفوق ذلك فإن الأنواع المختلفة من الثعابين لديها أعداد مختلفة من الفقرات، مما يعنى أن عدد الفقرات تغير ولابد أثناء التطور منذ الجد المشترك، وأنه مما قد حدث كثيرا إلى حد ما.

والآن، فإن تغيير عدد الفقرات فى أحد الحيوانات يحتاج لما هو أكثر من مجرد دفع عظمة إضافيه. فكل فقرة تكون مصحوبة بمجموعة من الأعصاب، ومجموعة من الأوعية الدموية، ومجموعة من العضلات، الخ، تماما مثلما يكون لكل صف من المقاعد فى طائرة الركاب مجموعة من الوسائد، ومجموعة من مساند الرؤوس، ومجموعة من مقابس السماعات، ومجموعة من مصابيح القراءة بما يصحبها من كابلات، الخ. والجزء الأوسط من جسم الثعبان، هو مثل الجزء الأوسط من جسم طائرة الركاب، مكون من قطع فصّية، Segments الكثير منها تشبه إحداها الأخرى بالضبط، مهما يكون تركب كل منها بصفته الفردية. وإذن، فإنه حتى تضاف قطع جديدة، يكون كل مايجب عمله هو عملية تضاعف بسيطة. وحيث أنه يوجد هناك من قبل جهاز وراثى لصنع قطعة فصّية واحدة من الثعبان ـ وهو جهاز وارثى غاية فى التعقد، قد استغرق أجيالا عديدة من التطور التدريجى خطوة فخطوة حتى تم بناؤه ـ فإن من السهل إضافة قطع متماثلة جديدة فى خطوة طفرية واحدة. ولو تصورنا الجينات «كتعليمات للجنين النامى» ، فإن جينا لإدخال قطع فصّية إضافية هو مما قد يقرأ ببساطة «المزيد من نفس الشئ هنا». وإنى لأتخيل أن تعليمات بناء أول طائرة من طائرة دى س ٨ الممدودة كانت تماثل ذلك بعد الشئ.

وفى وسعنا التأكد من أن أعداد الفقرات قد تغيرت أثناء تطور الثعابين بأعداد صحيحة وليس بكسور الأعداد. فلا يمكننا تصور ثعبان له ٢٦,٣ فقرة. فهو إما أن يكون له ٢٦ فقرة أو ٢٧ فقرة، ومن الواضح أنه لابد من وجود حالات يكون فيها لأحد ذرية الثعابين فقرة واحدة صحيحة على الأقل أكثر مما عند والديه. ويعنى هذا أن يكون له مجموعة إضافية كاملة من الأعصاب، والأوعية الدموية، وفصوص العضلات.. الخ. فهذا الثعبان هو

بمعنى ما طفرة «كبرى»، وإن كان هذا فقط بالمعنى الضعيف كما فى طائرة دى سى ٨ الممدودة. ومن السهل تصديق أن أفراد الثعابين التى لديها ست فقرات أكثر من والديها يمكن أن تنشأ فى خطوة طفرية واحدة. و«محاجة التركّب» التى تضاد التطور الوثوبى لاتنطبق على الطفرات الكبرى من نوع دى سى ٨ الممدودة، لأننا عندما ننظر بالتفصيل إلى طبيعة التغير الذى تتضمنه فإنها لاتكون بأى معنى حقيقى طفرات كبرى على الإطلاق. وهى فحسب طفرات كبرى إذا نظرنا نظرة ساذجة إلى المنتج النهائى، الحيوان البالغ. أما لو نظرنا إلى «عمليات» نمو الجنين فسيثبت فى النهاية أنها طفرات صغرى، بمعنى أن تغييرا فحسب فى «التعلميات» الجنينية كان له تأثير كبير ظاهرى على البالغ. والأمر نفسه يصدق على القرون الساقيّة فى ذباب الفاكهة والكثير غير ذلك مما يدعى «الطفرات التماثلية» Homeotic mutations .

بهذا ينتهى استطرادى عن الطفرات الكبرى والتطور الوثوبى. وهو قد كان ضروريا، لأن نظرية التوازنات المرقمة كثيرا مايُخلط الأمر بينها وبين التطور الوثوبى. على أنه «كان» استطرادا لأن نظرية التوازنات المرقمة هى الموضوع الرئيسى فى هذا الفصل، وهذه النظرية فى الحقيقة لاعلاقة لها بالطفرة الكبرى ولا بالوثوب الحقيقى.

و «الفجوات» التى يتحدث عنها الدردج وجولد وغيرهما من الترقيميين هى إذن ليس لها أى علاقة بالوثوب الحقيقى، وهى أصغر كثيرا وكثيرا من الفجوات التى تثير معارضى التطور. وفوق ذلك فإن الدردج وجولد قد أدخلا فى الأصل نظريتهما، «لا» على أنها تتنافر راديكاليا وثوريا مع الداروينية العادية «التقليدية» ـ وهو ماأصبحت النظرية تباع عليه مؤخرا ـ وإنما كشئ مترتب على الفهم الصحيح للداروينية التقليدية المتفق عليها منذ زمن طويل. ولاكتساب هذا الفهم الصحيح أخشى أننا نحتاج لاستطراد آخر، هو هذه المرة بشأن السؤال عن كيفية نشأة الأنواع الجديدة. أى العملية المعروفة «بالتنويع» Speciation .

وإجابة داروين على سؤال نشأة الأنواع كانت بمعنى عام، أن الأنواع قد انحدرت من أنواع أخرى. وفوق ذلك فإن الشجرة العائلية للحياة هى شجرة متفرعة، مما يعنى أن ثمة أكثر من نوع واحد حديث يمكن تتبع أثرها وراءا إلى نوع سلفى واحد. فالأسود والنمور

مثلا هى الآن أعضاء فى نوعين مختلفين، ولكنهما كلاهما قد انبثقا من نوع سلفى واحد، وربما لم يكن ذلك منذ زمن طويل جدا. وهذا النوع السلفى قد يكون مماثلا لواحد من النوعين الحديثين، أو هو قد يصبح نوعا حديثا ثالثا، أو لعله الآن قد انقرض. وبالمثل فإن من الواضح الآن أن البشر وأفراد الشمبانزى ينتميان إلى نوعين مختلفين، ولكن أسلافهما منذ عدة ملايين قليلة من السنين كانت تنتمى إلى نوع واحد وحيد. فالتنويع هو عملية يصبح النوع الواحد بواسطتها نوعين، أحدهما قد يكون مماثلا للنوع الواحد الأصلى.

وسبب تصور أن التنويع مشكلة صعبة هو التالى. إن كل أعضاء النوع الواحد الذى سيصبح نوعا سلفا يكونون قادرين على التوالد فيما بينهم أحدهم مع الآخر: والحقيقة أنه بالنسبة للكثيرين فإن هذا هو «مايعنى» بعبارة «النوع الواحد». وإذن، ففى كل مرة يبدأ فيها «نمو براعم» النوع الإبن خارجا، فإن نمو البراعم خارجا يكون فى خطر من أن يُحبَط بالتوالد داخل النوع. ويمكننا تخيل أن من سيكونون أسلاف الأسود ومن سيكونون أسلاف النمور يفشلون فى الانفصال على حدة بسبب أنهم يداومون على التوالد داخل النوع أحدهم مع الآخر، وبالتالى يظلون متشابهين أحدهم مع الآخر. ودع عنك، فيما يعرض، أن تستخرج معانى أكثر مما ينبغى من استخدامى لكلمات مثل «يُحبَط»، وكأن أسلاف الأسود والنمور، كانت بمعنى ما «تريد» أن ينفصل أحدها عن الآخر. وواقع الأمر ببساطة هو أن من الواضح أن النوعين «قد تم» تفرقهما أحدهما عن الآخر أثناء التطور، وعند النظرة الأولى فإن حقيقة التوالد داخل النوع تجعل من الصعب علينا أن نرى كيف يتأتى هذا التفرق.

ويكاد يبدو من المؤكد أن الإجابة الرئيسية الصحيحة عن هذه المشكلة هى الإجابة الواضحة. فلن تكون ثمة مشكلة من التوالد داخل النوع لو أن الأسود الأسلاف والنمور الأسلاف حدث أن كانت فى أجزاء مختلفة من العالم، حيث لايمكن أن تتوالد فيما بينها أحدها مع الآخر. وهى بالطبع لم تذهب إلى قارات مختلفة لتتيح لنفسها أن يتفرق أحدها عن الآخر: فهى لم تفكر فى ذاتها على أنها الأسود السلف أو النمور السلف! ولكن بفرض أن النوع السلف الواحد قد انتشر بأى وسيلة فى قارات مختلفة، ولنقل مثلا

فى أفريقيا وآسيا، فإن الأفراد التى اتفق أن وجدت فى أفريقيا لم تعد بعد تستطيع التوالد مع الأفراد التى اتفق أن وجدت فى آسيا لأنها لاتلتقى بها قط. وإذا كان هناك أى نزعة لأن تتطور الحيوانات فى القارتين فى اتجاهات مختلفة، إما تحت تأثير الانتخاب الطبيعى أو تحت تأثير من الصدفة، فإنه لايوجد بعد فيما بينها توالد داخل النوع يشكل عائقا لتفرقها، لتصبح فى النهاية نوعين متميزين.

وقد تحدثت عن قارتين مختلفتين لأجعل الأمر واضحا، ولكن مبدأ الانفصال الجغرافى كعائق للتوالد من داخل النوع يمكن أن ينطبق على حيوانات تكون على الجانبين المختلفين لصحراء ما، أو لسلسلة جبال، أو لنهر، أو حتى لطريق سيارات سريع. ويمكن أن ينطبق أيضا على حيوانات لم يفصلها أى حاجز سوى مجرد المسافة. فأفراد حيوان الزباب Shrew فى أسبانيا لاتستطيع التوالد مع أفراد الزباب فى منغوليا، ويمكنها أن تفترق من وجهة النظر التطوريه عن زباب منغوليا حتى ولو كان هناك سلسلة غير منقطعة من توالد أفراد الزباب فيما بينها تصل أسبانيا بمنغوليا. ومع ذلك فإن فكرة الإنفصال الجغرافى كمفتاح للتنويع تكون أوضح عندما نفكر بلغة من حاجز فيزيائى واقعى، مثل البحر أو سلسلة من الجبال. والحقيقة أن سلاسل الجزر هى مما يمكن أن يكون منها حضانات خصبة للأنواع الجديدة.

هاكم إذن الصورة التى لدينا فى الداروينية الجديدة الأرثوذكسية فيما يتعلق بكيفية «تولد» نوع نموذجى، بالتفرق عن النوع السلف. وسنبدأ بالنوع السلف، عشيرة كبيرة من حيوانات تكاد تكون متجانسة، تتبادل التوالد بين أفرادها، وتنتشر فوق كتلة أرض كبيرة. والمجموعة قد تكون من أى صنف من الحيوانات، ولكن هيا بنا نواصل تأمل الزباب. إن كتلة الأرض تقسمها سلسلة من الجبال إلى قسمين. والأرض هنا طبيعتها معادية ولايحتمل أن تقوم أفراد الزباب بعبورها، وإن كان هذا ليس مما يستحيل تماما، وهكذا يحدث على نحو عارض جدا أن يصل بالفعل حيوان أو اثنان إلى الأراضى المنخفضة على الجانب الآخر. وهى هناك تستطيع أن تتكاثر، وأن تنشئ عشيرة نائية من أفراد النوع، هى بالفعل منفصلة عن المجموعة الرئيسية. والآن فإن العشيرتين تتوالدان وتتوالدان كل على حدة، وتختلط الجينات فى كل عشيرة منهما على أحد جانبى الجبال

ولكن ليس عبر الجبال. وبمرور الوقت، فإن أى تغيير يحدث فى التكوين الوراثى لإحدى العشيرتين سينتشر بالتوالد خلال تلك العشيرة ولكنه «لا» يعبر إلى العشيرة الأخرى. وبعض هذه التغيرات يتأتى بالانتخاب الطبيعى، الذى قد يختلف على الجانبين الإثنين لسلسلة الجبال: ومن الصعوبة بمكان أن نتوقع أن تكون ظروف الطقس والضوارى والطفيليات متماثلة تماما على الجانبين. وبعض التغيرات قد ترجع إلى الصدفة وحدها. ومهما كان مرجع التغيرات الوارثية، فإن التوالد يتجه إلى نشرها «من داخل» كل من العشيرتين الاثنتين، ولكن ليس فيما «بين» العشيرتين. وهكذا فإن العشيرتين تتفرقان وراثيا: فتصبحان غير متماثلتين إحداهما مع الأخرى بما يتزايد اطرادا.

وبعد فترة، يبلغ من عدم تماثل إحداهما مع الأخرى أن سينظر علماء التاريخ الطبيعى إليهما على أنهما تنتميان «لجنسين» مختلفين. وبعد زمن أطول، فإنهما سيتفرقان بما هو أكثر بحيث ينبغى علينا تصنيفهما كنوعين مختلفين. تخيل الآن أن المناخ قد ازداد دفئا بحيث تصبح الرحلة من خلال الممرات الجبلية رحلة أسهل ويبدأ بعض أفراد النوع الجديد فى التسرب عائدين إلى أوطان أسلافهم. وعندما يلاقون ذرية أبناء عمومتهم الذين فارقوهم طويلا، سيثبت فى النهاية أنهم قد افترقوا افتراقا بعيدا فى تكوينهم الوراثى بحيث لايمكن بعد لأفرادهما التوالد معا بنجاح فيما بينهما. ولو حدث فعلا أن هجنوا معا، فسوف تكون الذرية الناتجة ذرية معتلة أو عقيمة كالبغال. وهكذا فإن الانتخاب الطبيعى يعاقب أى نزعة من جهة أفراد أى من الجانبين لأن يتهجن مع أفراد النوع الآخر أو حتى أفراد الجنسRace الآخر. وإذن، فإن الأنتخاب الطبيعى يختتم عملية «انعزال التكاثر» التى بدأت بتدخل عارض من سلسلة جبال. ويكتمل «التنويع» ويصبح لدينا الآن نوعان حيث كان لدينا فيما سبق نوع واحد، ومن الممكن أن يتعايش النوعان معا فى نفس المنطقة ولكن بغير أن يتوالدا فيما بينهما.

والواقع أن مايحتمل هو أن النوعين لن يتعايشا معا زمنا جد طويل. وليس هذا لأنهما سوف يتوالدان فيما بينهما، ولكن لأنهما سوف يتنافسان. فمن المبادئ الإيكولوجية المتفق عليها على نطاق واسع أن النوعين اللذين لهما نفس أسلوب الحياة لايتعايشان معا طويلا فى مكان واحد، لأنهما سيتنافسان وسوف يدفع أحدهما أو الآخر إلى الإنقراض. وطبيعى

أن مالدينا من عشيرتى الزباب قد لايكون عندهما بعد نفس أسلوب الحياة، فالنوع الجديد مثلا ربما يكون أثناء تطوره على الجانب الآخر من الجبال، قد وصل إلى التخصص فى نوع مختلفة من الحشرات الفرائس. أما إذا كان هناك بين النوعين منافسة لها مغزاها، فإن معظم الايكولوجيين سوف يتوقعون انقراض هذا النوع أو الآخر فى منطقة التداخل. ولو أتفق وكان النوع السلف الأصلى هو الذى يدفع إلى الإنقراض، فإنه ينبغى أن نقول عندها أنه قد حل مكانه النوع الجديد المهاجر.

ونظرية التنويع الذى ينتج أصلا عن الانفصال الجغرافى هى نظرية ظلت طويلا حجر الزاوية للتيار الرئيسى للداروينية الجديدة الأرثوذوكسية، وهى مازالت مقبولة من كل جانب على أنها العملية الرئيسية التى تظهر بها الأنواع الجديد إلى الوجود (يظن بعض الناس أن هناك أيضا عمليات أخرى). وإدماجها فى الداروينية الحديثة يرجع أساسا إلى تأثير عالم الحيوان المبرز إرنست ماير. وعندما قدم «الترقيميون» نظريتهم لأول مرة، فإن مافعلوه هو أنهم سألوا أنفسهم: بفرض أننا مثل معظم الداروينيين الجدد، نتقبل النظرية الأرثوذوكسية بأن التنويع يبدأ بالعزلة الجغرافية، ماذا ينبغى أن نتوقع رؤيته فى سجل الحفريات؟

هيا نتذكر عشيرة الزباب المفترضة، حيث قد افترق نوع جديد على الجانب البعيد من سلسلة الجبال، ثم عاد فى النهاية إلى أوطان السلف، ومن الجائز جدا أنه دَفع بالنوع السلف إلى الإنقراض. لنفرض أن حيوانات الزباب هذه قد خلفت وراءها حفريات، ولنفرض حتى أن سجل الحفريات كان «كاملا»، دون فجوات ترجع إلى حذف مشئوم لمراحل حاسمة. ماذا نتوقع أن تبينه لنا هذه الحفريات؟ أهو انتقال سلس من النوع السلف إلى النوع الخلف؟ لابالتأكيد، وهذا على الأقل إذا كنا نحفر فى كتلة الأرض الرئيسية حيث كانت تعيش حيوانات الزباب السلف الأصلية، والتى عادلها النوع الجديد. هيا نتأمل تاريخ ما حدث بالفعل فى كتلة الأرض الرئيسية. لقد كان هناك الزباب السلف تعيش أفراده وتتوالد بعيدا فى هناء دون سبب بعينه للتغير. ومن المسلم به أن أبناء عمومتها على الجانب الآخر من الجبال كانت منهمكة فى التطور، ولكن حفرياتها كلها موجودة على الجانب الآخر من الجبال وهكذا لانجدها فى كتلة الأرض الرئيسية حيث نقوم بالحفر. ثم

فجأة (أى فجأة بالمقاييس الجيولوجية) يعود النوع الجديد، ويتنافس مع النوع الأساسى، وربما يحل محله. وفجأة تتغير الحفريات التى نجدها ونحن نتحرك لأعلى من خلال طبقات كتلة الأرض الرئيسية. ففيما سبق كانت كل الحفريات للنوع السلف. أما الآن فقد ظهر بغتة وبدون مراحل انتقال مرئية، حفريات من النوع الجديد، وتختفى حفريات النوع القديم.

«فالفجوات»، أبعد من أن تكون أوجه نقص مزعجة أو أوجه ارتباك محرج، ويثبت فى النهاية أنها بالضبط ما ينبغى أن «نتوقعه» قطعا، لو أننا أخذنا بصورة جدية نظريتنا الداروينية الجديدة الأرثوذوكسية عن التنويع. والسبب فى أن «الانتقال» من النوع السلف إلى النوع الخلف يبدو حادا انتفاضيا هو ببساطة أننا عندما ننظر إلى سلسلة من الحفريات من أى مكان واحد، يكون من المحتمل أننا لاننظر بالمرة إلى حدث «تطورى»: وإنما ننظر إلى حدث «هجرى»، وصول نوع جديد من منطقة جغرافية أخرى. ومن المؤكد أن قد كان هناك أحداث تطورية، وأنه قد تطور فعلا أحد الأنواع واقعيا من النوع الآخر، وربما كان ذلك تدريجيا. إلا أننا حتى نرى الانتقال التطورى موثقا فى الحفريات، ينبغى علينا أن نحفر فى مكان آخر ــ هو فى هذه الحالة على الجانب الآخر من الجبال.

إن النقطة التى كان الدردج وجولد يحاولان إثباتها فى ذلك الوقت، هى مما كان يمكن عرضه فى تواضع كعامل يساعد فى إنقاذ داروين وخلفائه مما قد بدا لهم كصعوبة تثير الحرج. والحقيقة أن هذه كانت على الأقل بصورة جزئية، الطريقة التى تم طرحها بها ــ فى بادئ الأمر. فالداروينيون كان يزعجهم دائما ما هو ظاهر من وجود فجوات فى سجل الحفريات، وبدا أنهم مرغمون إلى اللجوء إلى تبريرات خاصة فيما يتعلق بهذا البرهان المنقوص. وقد كتب داروين نفسه:

«إن السجل الجيولوجى منقوص للغاية وهذه الحقيقة تشرح إلى حد كبير السبب فى أننا لانجد تنوعات مطولة، تصل معا كل أشكال الحياة المنقرضة والموجودة بأرهف الخطوات المتدرجة. ومن يرفض هذا الرأى عن طبيعة السجل الجيولوجى يحق له أن يرفض نظريتى كلها».

لقد كان فى استطاعة الدردج وجولد أن يجعلا رسالتهما الرئيسية هى التالى: أى داروين لاتقلق بالا، فحتى لو أن سجل الحفريات «كان» كاملا فإنه ينبغى ألا تتوقع أن ترى تقدما تدريجيا بصورة رهيفة عندما تحفر فى مكان واحد فقط، وذلك لسبب بسيط هو أن معظم التغير التطورى قد وقع فى مكان آخر! وكان يمكنهما الذهاب لأبعد من ذلك فيقولا:

أى داروين، عندما ذكرت أن سجل الحفريات منقوص كنت بذلك مدركا لأمره. فهو ليس منقوصا فقط، وإنما هناك أيضا أسبابا قوية لتوقع كونه منقوصا «بالذات» وبالضبط حيثما يصبح فيه مايثير الاهتمام، وبالضبط عندما يأخذ التغير التطورى فى الوقوع، وسبب هذا فى جزء منه هو أن التطور يقع عادة فى مكان آخر يختلف عن المكان الذى عثرنا فيه على معظم حفرياتنا، كما أن السبب فى جزء آخر هو أنه حتى لو كان لدينا من حسن الحظ ما يكفى لأن نحفر فى إحدى المناطق الصغيرة المنعزلة حيث يكون معظم التغير التطورى متصلا، فإن هذا التغير التطورى (وإن كان مازال تغيرا تدريجيا) سيشغل زمنا يبلغ من قصره أننا لأجل أن نتتبعه. سنحتاج فيما ينبغى إلى سجل حفريات «غنى» غنى بالغا!

وبدلا من ذلك فإن الدردج وجولد يختاران، خاصة فى كتاباتهما الأخيرة التى تابعها الصحفيون بحماس، أن يبيعا أفكارهما على أنها «تعارض» داروين معارضة راديكالية كما تعارض تركيب الداروينية الجديدة. وهما يفعلان ذلك بأن يشددا على ما فى النظرة الداروينية للتطور من «تدريجية» فيما يقارن مع نظريتهما «الترقيمة» الخاصة بهما التى تتصف بالمفاجأة والانتفاض والتقطع. بل إنهما يريان، وخاصة جولد، أن ثمة أوجه تماثل بينهما هما نفسيهما مع المدرستين القديمتين لمذهب «الكارثية» Catastrophism و «الوثوبية». ومذهب الوثوبية قد ناقشناه من قبل. أما مذهب «الكارثية»، فكان محاولة فى القرن الثامن عشر والتاسع عشر لتوفيق شكل مامن مذهب مثالى مع الحقائق المزعجة لسجل الحفريات. ويؤمن أتباع الكارثية بأن التقدم الظاهر فى سجل الحفريات يعكس فى الواقع سلسلة من عمليات نشوء غير مترابطة، تنتهى كل منهما بانقراض جماعى كارثى. وآخر هذه الكوارث كان فيضان نوح.

والمقارنة بين الترقيمية الحديثة من جانب، والكارثية أو الوثوبية من الجانب الآخر، لها مفعول شاعرى خالص، وإذا كان لى أن أصيغ مفارقة، فإنها مقارنة سطحية إلى حد عميق. وهى تبدو ذات تأثير من الناحية الفنية الأدبية، ولكنها لاتؤدى أيا مما يساعد على الفهم الجدى، وهى قد تضفى عونا وراحة زائفين للمثاليين المحدثين ممن يناضلون نضالا ناجحا بما يزعج من أجل تخريب التعليم الأمريكى وتخريب نشر الكتب المراجع. والحقيقة هى أن الدردج وجولد هما بأكمل المعانى وأشدها خطورة تدريجيان مثلهما فى ذلك بالضبط مثل داروين أو أى من أتباعه. والأمر وحسب أنهما يضغطان كل التغير التدريجى إلى نوبات وجيزة بدلا من أن يجعلاه طول الوقت، وهما يؤكدان على أن معظم التغير التدريجى يتواصل فى مناطق جغرافية بعيدة عن المناطق التى يتم فيها حفر معظم الحفريات.

وهكذا فإن مايعارضه الترقيميون فى الواقع ليس هو «تدريجية» داروين: فالتدريجية تعنى أن كل جيل يختلف فقط اختلافا بسيطا عن الجيل السابق، وحتى تعارض ذلك ينبغى أن تكون وثوبيا، والدردج وجولد ليسا بوثوبيين. والأولى، أن مايثبت فى النهاية هو أن مايعترضان عليه هما والترقيميون الآخرون هو ما يزعم من إيمان داروين بثبات معدلات التطور. وهما يعترضان على ذلك لأنهما يعتقدان أن التطور (الذى مازال بما لاينكر تطورا تدريجيا) يحدث بسرعة أثناء نوبات نشاط قصيرة نسبيا (أحداث من التنويع، تضفى جوا من أزمة يحدث فيه أن تنكسر المقاومة الطبيعية المزعومة ضد التغير التطورى)، وهما يعتقدان أن هناك فترات اعتراضية طويلة من السكون يحدث فيها تطور ببطء شديد جدا أو هو لايحدث على الإطلاق، وعندما نقول نوبات قصيرة «نسبيا» فإننا بالطبع نعنى قصيرة بالنسبة لمقاييس الزمان الجيولوجى عامة. بل إن الانتفاضات التطوريةعند الترقيميين، وإن كانت تحدث فوريا بالمقاييس الجيولوجية، إلا أنها مازال لها امتداد زمنى يقاس بعشرات أو مئات الآلاف من السنين.

وثمة فكرة لعالم التطور الأمريكى المشهور ج. لديارد ستبنز فيها ماينور هذه النقطة. وهو غير مشغول على وجه الخصوص بالتطور الانتفاضى، وإنما هو وحسب يبحث عن تصوير درامى للسرعة التى يمكن أن يحدث بها التغير التطورى، عندما ينظر إليه إزاء المقياس

الزمنى للزمان الجيولوجى المتاح. وهو يتخيل نوعا من الحيوانات، يقارب الفأر حجما. ثم يفترض أن الانتخاب الطبيعى يبدأ فى تحبيذ زيادة جسمه، ولكنها زيادة طفيفة جدا جدا. ولعل الذكور الأكبر حجما ستحظى ببعض ميزة بسيطة عند التنافس على الإناث. وفى كل وقت، ستكون الذكور ذات الحجم المتوسط أقل نجاحا إلى حد طفيف من الذكور التى يزيد حجمها عن المتوسط زيادة بالغة الصغر. ويضع ستيبنز رقما محددا للميزة الرياضية التى يحظى بها الأفراد الأكبر فى مثله الافتراضى. وهو يجعله قدرا بالغ الصغر جدا جدا بحيث لايستطيع قياسه ملاحظون من البشر. وبالتالى فإن معدل التغير التطورى الذى ينتج عنه يكون من البطء بحيث لن يقاس أثناء مدى حياة الإنسان العادى. وإذن فبالمدى الذى يخص عالما يدرس التطور فوق الأرض، فإن هذه الحيوانات لاتتطور على الإطلاق. إلا أنها مع ذلك تتطور تطورا بطيئا جدا بالمعدل الذى يفترضه الفرض الرياضى لستيبنز، وحتى بهذا المعدل البطىء، فإنها سوف تصل فى النهاية إلى حجم الأفيال. كم من الزمن سيستغرق ذلك؟ من الواضح أنه زمن طويل بالمقاييس البشرية، ولكن المقاييس البشرية ليست واردة هنا. إننا نتحدث عن الزمان الجيولوجى. وقد حسب ستيبنز أنه بسرعة التطور البطيئة جدا التى افترضها، فإن تطور الحيوانات من وزن متوسط يبلغ ٤٠ جراما (حجم الفأر) إلى وزن متوسط يزيد عن ٦,٠٠٠,٠٠٠ جرام (حجم الفيل) سوف يستغرق ما يقرب من ١٢,٠٠٠ جيل. وبافتراض أن زمن الجيل هو ٥ سنوات، وهو زمن أطول من جيل الفأر ولكنه أقصر من جيل الفيل، فإن ١٢,٠٠٠ جيل ستستغرق مايقرب من ٦٠,٠٠٠ سنة. وزمن من ٦٠,٠٠٠ سنة لهو «أقصر» من أن يقاس بالطرق الجيولوجية العادية لتأريخ سجل الحفريات. وكما يقول ستيبنز فإن «نشأة صنف جديد من الحيوان فى ١٠٠,٠٠٠ سنة أو أقل يعد فى نظر علماء الباليونتولوجيا كأمر «مفاجئ» أو «فورى».

إن الترقيميين لايتحدثون عن قفزات فى التطور، وإنما يتحدثون عن فترات من تطور سريع نسبيا. وحتى هذه الفترات لايلزم أن تكون سريعة بالمقاييس البشرية، من أجل أن تظهر فورية. بالمقاييس الجيولوجية. ومهما كان تفكيرنا بالنسبة لنظرية التوازنات المرقمة نفسها، فإن من السهل جدا أن يحدث خلط بين مذهب التدريجية (العقيدة التى يؤمن بها الترقيميون المحدثون مثلهم مثل دراوين، وهى أنه لاتوجد وثبات مفاجئة بين الجيل الواحد

والجيل التالى) وبين مذهب «سرعة التطور الثابتة» (الذى يعارضه الترقيميون، ويزعم أنه ما يؤمن به داروين وإن كان ذلك غير حقيقى). على أنهما ليسا نفس الشئ بالمرة. والطريقة الصحيحة لتوصيف عقائد الترقيميين هى أنها: تدريجية، ولكن مع فترات طويلة «من السكون» (ركود تطورى) ترقم فترات قصيرة من تغير تدريجى سريع. وهناك تشديد للتأكيد على فترات «السكون» الطويلة حيث أنها الظاهرة التى أغفلت فيما مضى وتحتاج حقا للتفسير. وهذا التأكيد على السكون هو الإسهام الحقيقى للترقيميين، وليس مايزعم من معارضتهم للتدريجية، لأنهم حقا تدريجيون مثلهم مثل أى من الآخرين.

وحتى هذا التأكيد على السكون لهو مما يمكن أن نجده بشكل أقل مبالغة فى نظرية ماير عن التنويع. فهو يؤمن بأنه من بين الجنسين المنفصلين جغرافيا، يكون احتمال تغير عشيرة السلف الأصلية الكبيرة احتمالا أقل مما للعشيرة الجديدة «الابنة» (التى على الجانب الآخر من الجبال فى حالة مثلنا عن الزباب). وليس سبب هذا فحسب أن العشيرة الإبنة هى العشيرة التى تحركت إلى مراعى جديدة، حيث يحتمل أن تكون الظروف مختلفة وأن تتغير ضغوط الانتخاب الطبيعى، ولكنه يرجع أيضا لوجود بعض أسباب نظرية (أكد عليها ماير ولكن أهميتها يمكن أن تكون موضع جدل) هى أسباب للاعتقاد بأن العشائر المتوالدة الكبيرة لها ميل فطرى «لمقاومة» التغير التطورى. والتمثيل المناسب لذلك هو التمثيل بالقصور الذاتى لشئ كبير ثقيل، فإنه يكون مما يصعب تحويل اتجاهه. أما العشائر الصغيرة المنفصلة، فإنها بسبب كونها صغيرة، تكون فطريا أكثر احتمالا للتغير والتطور حسب ماتذهب إليه هذه النظرية. وإذن فرغم أنى أتكلم عن عشيرتين أو جنسين من الزباب على أنهما تتفرق إحداهما عن الأخرى، إلا أن ماير يفضل أن ينظر إلى العشيرة الأصلية السلف على أنها ساكنة نسبيا، وإلى العشيرة الجديدة على أنها هى التى تفترق عنها. فغصن شجرة التطور لايتفرع الى فرعين متساويين: وإنما الأولى أن هناك ساقا رئيسية ينبت منها فرع جانبى.

وقد أخذ أنصار التوازن المرقم فكرة ماير هذه، وضخموا منها إلى إيمان شديد بأن «السكون» أو عدم التغير التطورى، هو القاعدة بالنسبة للنوع. فهم يؤمنون بأن ثمة قوى وراثية فى العشائر الكبيرة «تقاوم» بنشاط التغير التطورى. فالتغير التطورى بالنسبة لهم هو

حدث نادر، يطابق التنويع. وهو يطابق التنويع بمعنى هو حسب رأيهم، أن الظروف التى تتشكل تحت تأثيرها الأنواع الجديدة ـ الانفصال الجغرافى لعشائر فرعية صغيرة منعزلة ـ تكون هى الظروف ذاتها التى يتم بتأثيرها استرخاء أو دحر القوى التى تقاوم طبيعيا التغير التطورى. فالتنويع هو وقت الجيشان أو الثورة. وهذه الأوقات من الجيشان هى التى يحدث أثناءها تركيز التغير التطورى، ولكنه يظل راكدا فى معظم تاريخ السلالة.

وليس حقيقيا أن داروين كان يعتقد أن التطور يجرى فى سرعة ثابتة. وهو بالتأكيد لم يؤمن بذلك بالمعنى المتطرف المضحك الذى سخرت منه فى المثل الذى ضربته عن بنى اسرائيل، ولا أعتقد أنه كان حقا يؤمن به بأى معنى مهم. ومما يزعج جولد مايحدث من استشهاد بالفقرة التالية المشهورة من الطبعة الرابعة (والطبعات اللاحقة) لكتاب «أصل الأنواع»، وذلك لأنه يعتقد أنها مما لايمثل فكر داروين العام، والفقرة هى:

الكثير من الأنواع ما إن تتكون فإنها لاتخضع قط لأى تغيير آخر ..، والفترات التى خضعت الأنواع أثناءها للتعديل، هى وإن كانت طويلة بمقياس السنين، إلا أنها فيما يحتمل تكون قصيرة بالمقارنة بالفترات التى احتفظت أثناءها بنفس الشكل.

وجولد يود أن يهمل هذه الجملة هى وغيرها مما يماثلها، قائلا:

إنك لاتستطيع صنع التاريخ بانتقاء الاستشهادات والبحث عن الملاحظات الهامشية التبريرية. فالمعايير الصحيحة هى المغزى العام والتأثير التاريخى. هل فهم قط أى من معاصرى داروين أو خلفائه أن داروين على مذهب الوثوبية؟

وجولد محق بالطبع بشأن المغزى العام والتأثير التاريخى، ولكن الجملة الأخيرة من هذا الاستشهاد به هى «زلة» كاشفة إلى حد كبير. و «بالطبع» فإن أحدا لم يفهم قط داروين على أنه على مذهب الوثوبية، وداروين بالطبع كان معاديا للوثوبية معاداة ثابتة، ولكن النقطة الأساسية كلها هى أن الوثوبية ليست هى القضية عندما نناقش أمر التوازن المرقم. وكما سبق لى أن أكدت، فإن نظرية التوازن المرقم حسب توصيف الدردج وجولد ذاتهما، ليست نظرية وثوبية. والقفزات التى تفترضها ليست حقيقة قفزات جيل واحد. فهى تمتد عبر عدد كبير من الأجيال عبر فترات ربما تصل حسب تقدير جولد نفسه، إلى عشرات

الآلاف من السنين. فنظرية التوازن المرقم هى نظرية تدريجية، وإن كانت تؤكد على فترات سكون طويلة تفصل بين تفجرات قصيرة «نسبيا» من التطور التدريجى. لقد ضلل جولد نفسه بتأكيده الخطابى ذاته على المشابهة محض الشاعرية أو الأدبية بين الترقيمية من ناحية، والوثوبية الحقة من الناحية الأخرى.

وفى اعتقادى أن الأمور ستتضح عند هذه النقطة، عندما ألخص ذلك المدى من وجهات النظر الممكنة عن معدلات التطور. فأحد أقصى الطرفين يكون لدينا عنده الوثوبية الحقة التى ناقشتها من قبل بما يكفى. والوثوبيون الحقيقيون لاوجود لهم بين البيولوجيين المحدثين. وكل من ليس وثوبيا هو تدريجى، ويشمل ذلك الدردج وجولد، مهما كان مايختارانه لتوصيف نفسيهما. ويمكننا أن نميز فى داخل التدريجية عقائد شتى فيما يتعلق بمعدلات التطور (التدريجى). وبعض هذه العقائد كما رأينا، تحمل شبها محض ظاهرى («أدبيا» أو «شاعريا») بالوثوبية الحقيقية المضادة للتدريجية، وهذا هو السبب فى أنها أحيانا يختلط أمرها بالوثوبية.

أما الطرف الأقصى الآخر فلدينا عنده «مذهب ثبات السرعة» الذى صورته كاريكاتيريا فى مثل الخروج الذى بدأت به هذا الفصل. ويؤمن من يتبع مذهب ثبات السرعة تبعية متطرفة بأن التطور يخطو متثاقلا طولا الوقت بمعدل ثابت متصلب، سواء كان هناك أو لم يكن هناك أى تفرع أو تنويع يجرى. وهو يؤمن أن كم التغير التطورى يتناسب تناسبا صارما مع مرور الزمن. ومما يثير السخرية أن ثمة شكلا من مذهب ثبات السرعة قد أصبح مؤخرا محبذا تحبيذا كبيرا بين علماء الوارثة الجزيئية المحدثين. ومن الممكن أن تقام دعوى لها قوتها للإيمان بأن التغير التطورى على مستوى جزيئات البروتين يخطو حقا متثاقلا بالفعل فى سرعة ثابتة تماثل تماما السرعة المفترضة لبنى اسرائيل، ويحدث هذا «حتى لو كانت» الخواص المرئية خارجيا مثل الأذراع والسيقان خواصا تتطور بأسلوب مرقم إلى حد كبير. وقد سبق أن التقينا بهذا الموضوع فى الفصل الخامس، وسأذكره ثانية فى الفصل التالى. على أنه فيما يخص التصور التكيفى للبنيات ولأنماط السلوك ذات المقياس الكبير، فإن كل علماء التطور تقريبا يرفضون مذهب ثبات السرعة، ومن المؤكد أيضا أن داروين كان سيرفضه. وكل من ليس على مذهب ثبات السرعة، يكون على مذهب تغير السرعة.

ونستطيع أن نميز فى داخل مذهب تغير السرعة نوعين من العقائد، عنوانهما «مذهب تغير السرعة المتمايز» و «مذهب تغير السرعة المستمر». ومن يتبع تبعية متطرفة مذهب التمايز لايقتصر على الاعتقاد بأن التطور يتغير فى سرعته. وإنما هو يعتقد أيضا أن السرعة تنقلب فجأة من أحد المستويات المتمايزة إلى الآخر، مثله مثل صندوق تروس السيارة. وهو قد يؤمن مثلا بأن التطور له فقط سرعتان: سرعة سريعة جدا والأخرى هى توقف عن الحركة (لا أملك هنا إلا أن أتذكر مذلة أول تقرير دراسى عنى كتبته الناظرة عن أدائى كطفل فى السابعة، عندما أقوم بطى الملابس، والاستحمام بالماء البارد، وغير ذلك من الأعمال الروتينية اليومية فى حياة مدرسة داخلية: «ليس عند دوكنز إلا ثلاث سرعات: سرعة بطيئة وبطيئة جدا، ثم التوقف عن الحركة»). والتطور «المتوقف» هو «السكون» الذى يعتقد الترقيميون أنه يميز العشائر الكبيرة. والتطور بأعلى سرعة هو التطور الذى يجرى أثناء التنويع، فى عشائر صغيرة منعزلة على أطراف العشائر الكبيرة الساكنة تطوريا. وحسب هذه النظرة، فإن التطور يكون دائما إما بالواحدة أو الأخرى من هاتين السرعتين، ولايكون قط فيما بينهما. والدردج وجولد ينزعان للاتجاه إلى التمايزية، وهما من هذه الوجهة راديكاليان أصيلان. ومن الممكن أن يطلق عليهما أنهما من «اتباع مذهب تغير السرعة التمايزى». وفيما يتفق، فإنه مامن سبب «معين» يجعل مما ينبغى على تابع مذهب تغير السرعة التمايزى أن يؤكد بالضرورة على أن التنويع هو وقت التطور على أعلى سرعة. إلا أن معظمهم يفعلون ذلك عند التطبيق.

أما أتباع «مذهب تغير السرعة المستمر» فإنهم من الناحية الأخرى يؤمنون بأن معدلات التطور تتراوح باستمرار من معدل سريع جدا إلى معدل بطيء جداً إلى التوقف، بكل ما بين ذلك من التوسطات. فهم لا يرون أن هناك أى سبب بعينه للتأكيد على سرعات معينة أكثر من الأخرى. والسكون بالذات، هو بالنسبة لهم مجرد حالة قصوى من تطور فائق البطء. وبالنسبة للترقيمى فإن ثمة شيئا خاصا جدا فيما يتعلق بالسكون . فالسكون بالنسبة له ليس فحسب تطورا بالغ البطء حتى لتكون سرعته هى الصفر: السكون ليس مجرد انعدام سلبى للتطور بسبب عدم وجود قوة دافعة لصالح التغير، وإنما الأولى أن السكون يمثل «مقاومة» إيجابية للتغير التطورى. فالأمر يكاد يكون وكأن الأنواع تتخذ خطوات فعالة حتى «لا» تتطور وذلك «رغما» عن القوى الدافعة التى تعمل فى صالح التطور.

والبيولوجيون الذين يتفقون على أن السكون ظاهرة حقيقية عددهم أكثر ممن يتفقون على أسبابه. ولنأخذ مثلا متطرفا من السمكة الجوفية الشوكية لاتيميريا. والأسماك الجوفية الشوكية كانت تكوّن مجموعة كبيرة من الأسماك (والواقع أنها رغم تسميتها بالأسماك إلا أنها قريبة إلينا أكثر من قرابتها للسلمون المرقط أو الربئجة) وازدهرت هذه المجموعة منذ ما يزيد عن ٢٥٠ مليون سنة، ويبدو أنها قد انقرضت فى نفس الوقت تقريبا مع الديناصورات. وأقول يبدو أنها قد انقرضت، لأن ثمة سمكة غريبة قد ظهرت فى عام ١٩٣٨ ، مما أدهش عالم علم الحيوان كثيرا، ولها طول من ياردة ونصف اليارده ولها زعانف غير عادية تشبه السيقان، وقد ظهرت فيما صاده مركب للصيد بأعماق البحار مقابل شاطئ أفريقيا الجنوبية. ورغم أن السمكة قد قُضى عليها تقريبا قبل التعرف على قيمتها التى لاتقدر بثمن، إلا أن بقاياها البالية لفتت لحسن الحظ، وفى الوقت المناسب، انتباه عالم حيوان مؤهل من جنوب أفريقيا. فكاد لا يصدق عينيه وهو يتعرف عليها كسمكة جوفية شوكية سماها لاتيميريا. ومنذ ذلك الوقت تم صيد عينات قليلة أخرى فى نفس المنطقة، وقد تمت الآن دراسة وتوصيف النوع بالصورة الصحيحة. إنها «الحفرية حية»، بمعنى أنها لم تكد تتغير إطلاقا من زمن أسلافها الحفرية، منذ مئات ملايين الأعوام.

وإذن فإن لدينا سكون. ماالذى سنخرج به منه؟ كيف نفسره؟ سيقول بعض منا أن السلالة المؤدية إلى «لاتيميريا» قد بقيت ساكنه لأن الانتخاب الطبيعى لم يحركها. وفى أحد المعانى فإنها لم تكون لها «حاجة» لأن تتطور لأن هذه الحيوانات قد وجدت طريقة ناجحة للحياة فى أعماق البحر حيث الظروف لاتتغير كثيرا. ولعلها لم تساهم قط فى أى سباق تسلح. أما أبناء عمومتها التى خرجت إلى فوق الأرض فقد تطورت بالفعل لأن الانتخاب الطبيعى أجبرها على ذلك تحت تأثير ظروف معادية شتى بما فيها سباقات التسلح. وقد يقول بيولوجيون آخرون، بما فيهم بعض من يسمون أنفسهم بالترقيميين، إن السلالة المؤدية إلى «لاتيميريا» الحديثة قد قاومت التغير مقاومة نشطة «بالرغم» مما قد يكون هناك من ضغوط الانتخاب الطبيعى. من الذى على حق؟ من الصعب أن نعرف ذلك فى حالة «لاتيميريا» بالذات، ولكن ثمة طريقة واحدة يمكن من حيث المبدأ استخدامها فى بحثنا.

وحتى نكون منصفين دعنا نتوقف عن التفكير فى حدود «لاتيميريا» بالذات فهى مثل صارخ ولكنه جد متطرف، وهى ليست المثل الذى يود الترقيميون بالذات الركون إليه. وهم يعتقدون أن أمثلة السكون الأقل تطرفا والأقصر زمنا لهى أمثلة شائعة، وأنها هى حقا القاعدة، لأن الأنواع لها ميكانزمات وراثية تقاوم التغير بنشاط، حتى لو كان هناك قوى من الانتخاب الطبيعى تحث على التغير. والآن، هاك التجربة البسيطة جدا التى يمكن لنا بها أن نختبر هذا الفرض، على الأقل من حيث المبدأ. فنحن يمكننا أن نأخذ عشائر حيوانات برية ونفرض عليها ما لدينا من قوى الانتخاب. وحسب الفرض القائل بأن الأنواع تقاوم التغير مقاومة نشطة، فإننا ينبغى أن نجد عند محاولتنا تربية النوع على صفة ما، أن النوع سيغرس أقدامه فى الأرض كما يقال، رافضا أن يتزحزح، على الأقل لزمن ما. ولو أخذنا ماشية وحاولنا مثلا تربيتها على نحو انتخابى لإدرار اللبن إدرارا عاليا، فإننا ينبغى أن نفشل. ذلك أن الميكانزمات الوراثية للنوع ينبغى أن تحشد قواها المضادة للتطور وتناضل ضد الضغط للتغير. ولو حاولنا جعل الدجاج يتطور لوضع البيض بمعدلات كبيرة فإننا ينبغى أن تفشل. وإذا حاول مصارعو الثيران، فى سعيهم «لرياضتهم» الوضيعة، أن يزيدوا من شجاعة ثيرانهم بالتربية الانتخابية، فإنهم ينبغى أن يفشلوا. وبالطبع فإن هذه الاخفاقات ينبغى أن تكون مؤقته فحسب. ففى النهاية، كما ينفجر خزان تحت الضغط، فإن ما يُزعم من قوى مضادة للتطور سيتم دحرها، وتتمكن السلالة بعدها من التحرك سريعا إلى توازن جديد. على أننا ينبغى أن نخبر بعض المقاومة على الأقل حينما نحاول لأول مرة بدء برنامج جديد من التربية الانتخابية.

أما الحقيقة، فهى أننا بالطبع لانفشل عندما نحاول تشكيل التطور بتربية الحيوانات والنباتات التى فى الأسر تربية انتخابية، كما أننا لانخبر أى فترة من صعوبة فى البداية. فأنواع الحيوانات والنباتات تكون عادة طيعّة فى التو للتربية الانتخابية، والمربون لا يكتشفون أى دليل على أى قوة جبلية مضادة للتطور. وإذا كان ثمة شئ يخبره المربون فهو وجود صعوبة «بعد» تربية عدد من الأجيال تربية انتخابية ناجحة. وسبب ذلك أنه بعد عدة أجيال من التربية الانتخابية ينفد ما كان متاحا من تباين وراثى، ويكون علينا أن ننتظر

طفرات جديدة. ومما يمكن تصوره أن الأسماك الجوفية الشوكية قد توقفت عن التطور لأنها قد توقفت عن الطفر ـ ولعل ذلك لأنها وهى فى قاع البحر تكون محمية من الأشعة الكونية! ـ ولكن ما من أحد، فيما أعرف، قد اقترح هذا جديا، وعلى أى حال فليس هذا هو ما يعنيه الترقيميون عندما يتحدثون عن أنواع فيها مقاومة جبلية للتغير التطورى.

فهم إنما يعنون شيئا هو أكثر شبها للنقطة التى أبديتها فى الفصل السابع عن الجينات «المتعاونة»: فكرة أن مجموعات من الجينات يتكيف بعضها مع البعض الآخر تكيفا جيدا بحيث أنها تقاوم أى غزو من جينات جديدة طافرة ليست أعضاء فى النادى نفسه. وهذه فكرة جد بارعة يمكن أن تجعل مقبوله. والحقيقة أنها كانت أحد أسانيد ماير النظرية لفكرة القصور الذاتى التى سبق الإشارة إليها. ومع كل فإن حقيقة أننا كلما حاولنا القيام بالتربية الانتخابية لانلقى أى مقاومة مبدئية لذلك، لهى حقيقة توحى لى بأنه إذا كانت السلالات تظل دون تغير لعدة أجيال وهى فى الخلاء، فإن هذا ليس بسبب مقاومتها للتغير وإنما بسبب عدم وجود ضغط من الانتخاب الطبيعى فى صالح التغير. فهى لا تتغير لأن الأفراد التى تظل كما هى تبقى حية بأحسن مما تبقاه الأفراد التى تتغير.

الترقيميون إذن هم فى الحقيقة تدريجيون مثلهم تماما مثل داروين أو أى داروينى آخر، وهم فقط يدخلون فترات طويلة من السكون بين تدفقات من التطور التدريجى. وكما قلت فإن الوجه الوحيد، الذى يختلف فيه الترقيميون بالفعل عن المدارس الداروينية الأخرى هو فى تأكيدهم القوى على السكون كشئ إيجابى: كمقاومة نشطة للتغير التطورى وليس كمجرد انعدام التغير التطورى. وهذا هو الوجه الوحيد الذى يحتمل أنهم مخطئون فيه إلى حد كبير. ويبقى على أن أكشف عن سر السبب فى «ظنهم» أنهم يبتعدون كثيرا عن داروين والداروينية الجديدة.

إن الإجابة تكمن فى الخلط بين معنيين لكلمة «تدريجى»، مقرونا بالخلط الذى جاهدت لإزالته هنا ولكنه يقبع فى خلفية عقول أناس كثيرين، وهو الخلط بين الترقيمية والوثوبية. وداروين كان معاديا عنيفا للوثوبية، وقد أدى به هذا إلى أن يؤكد المرة تلو

الأخرى على أقصى التدرج فى التغيرات التطورية التى كان يعرضها. وسبب ذلك أن الوثوبية بالنسبة له كانت تعنى ماأسميته الطفرة الكبرى للبوينج ٧٤٧. فهو يعنى أن يستدعى فجأة للوجود، بمثلما بزغت أثينا من رأس زيوس، أعضاء مركبة جديدة تماما بضربة واحدة من صولجان الوراثة. إنها تعنى أعين عاملة مركبة كاملة التكوين تنبثق فجأة من الجلد العارى فى جيل واحد. وسبب أنها تعنى هذه الأمور عند داروين هو أن هذا هو ماكانت تعنيه بالضبط عند بعض معارضيه ممن لهم أكبر التأثير، وكانو يؤمنون بهذا حقا على أنه عامل رئيسى فى التطور.

فدوق أرجيل مثلا يوافق على أدلة وقوع التطور، ولكنه يود تهريب اللاتدرج من الباب الخلفى، وهو لم يكن وحيدا فى ذلك. فالكثيرون من الفيكتوريين كانوا يتصورون أن الأعضاء المركبة مثل العين بدلا من أن تتطور من أعضاء أبسط فى تدرجات بطيئة كما رأى داروين، فإنها فيما يعتقدون قد وثبت إلى الوجود فى لحظة واحدة خارقة. والأسباب فى أنها خارقة هى تلك الأسباب الاحصائية التى ناقشتها فيما يتعلق بالزوابع وطائرة البوينج ٧٤٧. والوثوبية فى نهايتها تتطلب إضافة المعجزات للتطور. وقد أدرك داروين ذلك، فكتب فى خطاب إلى سير تشارلز ليل الجيولوجى المبرز وقتها:

لو أننى كنت مقتنعا بحاجتى إلى إضافات كهذة لنظرية الانتخاب الطبيعى، لرفضتها كنفاية.. وما كنت لأبذل شيئا من أجل نظرية الانتخاب الطبيعى لو أنها كانت تحتاج لإضافات معجزة فى أى مرحلة من مراحل الإنسال.

وليس هذا أمرا تافه الشأن. ففى رأى داروين أن كل «نقطة الأساس» فى نظرية التطور بالانتخاب الطبيعى هى أنها تمد بتوصيف عن التدرج الذى يؤدى لوجود التكيفات المعقدة. وهذه النقطة هى أيضا كما تستحق، هى كل نقطة الأساس فى هذا الكتاب. وبالنسبة لداروين فإن أى تطور ليس فيه تدرج لايكون تطورا على الإطلاق. فعدم التدرج يجعل من النقطة المركزية للتطور أمر هراء. وفى ضوء هذا يسهل علينا رؤية السبب فى أن داروين كان يكرر باستمرار القول «بتدريجية» التطور. ومن السهل هكذا رؤية السبب فى كتابته للجملة المستشهد بها فى الفصل الرابع:

لو أمكن إثبات أنه يوجد أى عضو مركب، لايمكن احتمال تكوينه بتغييرات ضئيلة عديدة متتالية، فإن نظريتى تنهار انهيارا مطلقا.

وثمة طريقة أخرى للنظر إلى الأهمية الأساسية للتدريجية عند داروين. فمعاصروه مثلهم مثل ما لا يزال عليه أناس كثيرون اليوم، كان من الصعب عليهم أن يؤمنوا بأن الجسد البشرى وغيره من مثل هذه الكيانات المركّبة، هى مما يمكن تصور أنها تكونت من بدايات بسيطة من خلال وسائل تطورية. ولو أنك فكرت فى «الأميبا» وحيدة الخلية على أنها جدنا البعيد ـ حيث كان التفكير هكذا هو الموضة حتى وقت جد قريب ـ فإن الكثيرين يجدون من الصعب على عقولهم وصل الفجوة مابين الأميبا والإنسان. وهم يجدون مما لايقبل التصور أنه يمكن أن ينبثق من بدايات بسيطة هكذا شئ جد مركب. وداروين قد استدعى فكرة السلسلة المتدرجة من الخطوات الصغيرة كوسيلة للتغلب على هذا النوع من الاستنكار. وتجرى المحاجة بأنك قد تجد من الصعب أن تتخيل أن «الأميبا» تتحول إلى إنسان، ولكنك لن تجد من الصعب تخيل أن الأميبا تتحول إلى صنف من «الاميبا» المختلفة إلى حد طفيف. ومن هذه لا يكون من الصعب تخيل أنها تتحول إلى صنف يختلف طفيفا عن الصنف المختلف إلى حد طفيف ..، وهلم جرا. وكما رأينا فى الفصل الثالث، فإن هذه المحاجة لاتتغلب على استنكارنا إلا إذا شددنا على أن هناك عددا كبيرا للغاية من هذه الخطوات على الطريق، وإلا عندما تكون كل خطوة منها صغيرة جدا. لقد ناضل داروين باستمرار ضد هذا المصدر للاستنكار، وكان دائما يستخدم نفس السلاح: التشديد على التغير التدريجى الذى لايكاد يدرك، والذى يمتد عبر أجيال لاتحصى.

وفيما يتفق، فإن ثمة مايستحق أن نستشهد به، وهو تلك القطعة المميّزة من التفكير الجانبى عند ج.ب.س هالدين فى نضاله ضد نفس المصدر من مصادر الاستنكار. فهو يبين كيف أن شيئا يشبه التحول من «الأميبا» إلى الإنسان يحدث متواصلا داخل رحم كل أم أثناء مدة تسعة شهور فحسب. ومن المتفق عليه أن النمو عملية تختلف تماما عن التطور،

ولكن مع ذلك فإن أى فرد ممن يتشككون فى ذات «الاحتمال» بالتحول من خلية واحدة إلى إنسان، لن يكون عليه إلا أن يتأمل بداياته الجنينية هو نفسه حتى تهدأ شكوكه. وأرجو ألا يعتقد أنى من المتحذلقين عندم أؤكد بهذه المناسبة، على أن اختيار «الأميبا» لقبا لجدنا الشرفى إنما هو مجرد اتباع لتقليد نزوى. فالاختيار الأفضل هو خلية البكتريا، ولكن حتى البكتريا كما نعرفها إنما هى كائنات عضوية حديثة.

وحتى نلخص هذه المحاجة، فإن داروين ألقى بضغط عظيم على تدريجية التطور بسبب ماكان هو يحاج «ضده»: أى تلك الأفكار الخاطئة عن التطور التى سادت فى القرن التاسع عشر. و «معنى» التدرج فى سياق ذلك الوقت هو أنه «ضد الوثوبية». والدردج وجولد فى سياق أواخر القرن العشرين يستخدمان «التدرج» بمعنى مختلف تماما. فهما يستخدمان الكلمة بالفعل، وإن لم يكن ذلك واضحا، لتعنى «سرعة ثابتة»، ثم هما يعارضانها بفكرتهما هما نفسيهما عن «الترقيمية». فهما ينتقدان التدريجية بهذا المعنى من مذهب «ثبات السرعة» ومامن شك فى أنهم على حق فى ذلك: فالتدريجية فى أقصى أشكالها عبث يماثل عبث المثل الذى ضربته عن الخروج.

أما أن يُقرن هذا النقد المبرّر بنقد لداروين فهذا ببساطة خلط بين معنيين منفصلين تماما لكلمة «تدريجى». وحسب المعنى الذى يعترض به الدردج وجولد على التدريجية، فإنه ليس من سبب بعينه للشك فى أن داروين كان سيتفق معهما. وحسب معنى الكلمة الذى كان داروين به تدريجيا متحمسا، فإن الدردج وجولد هما أيضا تدريجيان. ونظرية التوازن المرقم هى بمثابة تعليق صغير على الداروينية، تعليق ربما كان يوافق عليه داروين نفسه لو أن القضية نوقشت فى زمنه. وحيث أنها تعليق صغير فإنها لاتستحق بالذات هذا القدر الكبير من الذيوع. والسبب فى أنها قد نالت فى الحقيقة هذا الذيوع، وفى أننى أحسست باضطرارى إلى تكريس فصل كامل عنها من هذا الكتاب هو ببساطة أن النظرية تعرض للبيع ـ ويفرط بعض الصحفيين فى عرضها للبيع ـ كما لو كانت تعارض آراء داروين وخلفائه معارضة راديكالية .لماذا حدث ذلك؟

هناك أناس فى هذا العالم يودون متلهفين ألا يكون عليهم أن يؤمنوا بالداروينية. وهم فيما يبدو يقعون فى ثلاثة أصناف رئيسية. فأولا، هناك أولئك الذين يريدون لأسباب

عقيدية أن يكون التطور نفسه غير صادق. وثانيا، هناك من ليس لديهم سبب لإنكار أن التطور قد حدث، ولكنهم يجدون لأسباب غالبا ما تكون سياسية أو ايديولوجية، أن نظرية داروين عن «ميكانزم» التطور هى نظرية تثير النفور. وبعض هؤلاء يجدون أن فكرة الانتخاب الطبيعى هى من الخشونة والقسوة بما لايُقبل، والآخرون يخلطون بين الانتخاب الطبيعى والعشوائية، أى بالتالى «وانعدام المعنى»، مما يسئ إلى كرامتهم، على أن هناك آخرون ممن يخلطون بين الداروينية والداروينية الاجتماعية التى لها انعكاسات فى نظرية عنصرية وغير ذلك من انعكاسات منفرة. وثالثا، فهناك أناس، بما فيهم الكثيرون الذين يعملون بما يسمونه «وسائل الأعلام» (وهى كثيرا ماتستخدم كاسم مفرد)، هم فحسب يحبون ألا يروا عربات التفاح إلا وهى مقلوبة، ربما لأن ذلك يجعل نسخة الصحيفة نسخة جيدة، والداروينية قد أصبحت من الرسوخ والاحترام بما يكفى لأن يجعل منها عربة تفاح مغرية.

وأيا ما كان الدافع، فإن النتيجة هى أنه إذا زفر أحد العلماء المشهورين زفرة يُشتبه أن فيها مايصل إلى التلميح بنقد لبعض تفصيل فى النظرية الدراوينية الجارية، فإن هذه الحقيقة يتم التشبث بها فى لهفة ويتم تضخيمها تضخيما هائلا. وتكون هذه اللهفة من القوة كما لو كان ثمة مكبر صوت قوى له ميكروفون مضبوط بدقة ليتسمع فى انتقاء لأى رأى فيه أدنى وجه شبه لما هو معارضة للداروينية. وهذه محنة بالغة، فالمحاجة والنقد الجديان هما جزء مهم حيوى من أى علم، وستكون مأساة لو أن العلماء أحسوا بالحاجة إلى أن يكمموا أنفسهم بسبب هذه الميكروفونات. ومامن حاجة لأن أقول أن المكبر وإن كان قويا إلا أنه ليس على درجة عالية من أمانة النقل: فثمة قدر كبير من التشويه! والعالم الذى يهمس فى حذر ببعض هاجس بسيط يجرى بشأن فارق رهيف عن الداروينية، سيكون عرضة لأن يسمع كلماته وقد شوهت بحيث لا يكاد يمكن تمييزها، وهى تهدُر وتدوى خلال مكبرات الصوت هذه التى تكون مترقبة فى تلهف.

والدردج وجولد لا يهمسان، ولكنهما يصرخان بقوة وفصاحة! وما يصرخان به فيه غالبا الكثير من الحذق، ولكن الرسالة التى تنتقل هى أن ثمة شيئا خطأ فى الداروينية.

ويعلو التهليل «ها قد قالها العلماء» أنفسهم! ويكتب صحفى معاد للتطور:

مما لا ينكر أن مصداقية موقفنا العلمى قد قويت إلى حد عظيم بالانهيار الحديث فى معنويات الداروينية الجديدة. وهذا أمر يجب أن نستغله لأقصى حد.

والدردج وجولد كلاهما من الأبطال الشجعان فى النضال مع التطور. وقد صرخا بشكواهما من سوء استخدام كلماتهما هما نفسيهما، ليجدا فحسب أن الميكروفونات عند «هذا» الجزء من رسالتيهما تتوقف فجأة عن العمل. وفى وسعى أن أتعاطف معهما، ذلك أن لى خبرة مماثلة مع مجموعة أخرى من الميكروفونات، هى فى حالتى مضبوطة ضبطا سياسيا.

وما نحتاج أن نقوله الآن عاليا وبوضوح هو الحقيقة: وهى أن نظرية التوازن المرقم تقبع راسخة من داخل تركيب الداروينية الجديدة. وقد كانت هكذا دائما. وسوف يستغرق إصلاح ما أحدثه خطابها المبالغ فيه من الدمار زمنا طويلا، ولكنه سيتم إصلاحه. وسوف ينتهى الأمر بنظرية التوازن المرقم إلى أن ينظر إليها بما يناسب حجمها كمجرد إحدى التجعيدات على سطح النظرية الداروينية الجديدة، هى وإن كانت مما يثير الاهتمام، إلا أنها صغيرة. وهى بالتأكيد لاتمد بأى أساس «لانهيار فى معنويات الداروينية الجديدة»، ولا بأى أساس لأن يزعم جولد أن النظرية التركيبية (وهذا اسم آخر للداروينية الجديدة) هى «ميتة بالفعل». إن الأمر يشبه أن تضفى أهمية رئيسية على اكتشاف أن الأرض ليست كره تامة وإنما هى ذات شكل شبة كروى مفلطح قليلا، ثم ينشر ذلك تحت عنوان رئيسى:

كوبرنيكوس مخطئ. نظرية الأرض المسطحة تمت تبرأتها

ولكن حتى نكون منصفين، فإن ما لاحظة جولد لم يكن موجها إلى «تدريجية» التركيب الداروينى المزعومة بقدر ماكان موجها إلى إحدى دعاواها الأخرى. وهذه الدعوى التى كان الدردج وجولد يجادلان بشأنها هى أن كل التطور، حتى بأكبر مقياس للزمان الجيولوجى، هو استقراء لأحداث تقع من داخل عشائر أو أنواع. وهما يعتقدان أن ثمة شكل أرقى من الانتخاب يدعوانه «انتخاب النوع». وسوف أؤجل هذا الموضوع إلى

الفصل التالى. والفصل التالى هو أيضا ما سأتناول فيه مدرسة أخرى من البيولوجيين الذى يُعدون فى بعض الحالات معادين للداروينية، وذلك على أسس مهلهلة بما يساوى ماسبق، وهى المدرسة المسماه التفرع المتحول Transformed Cladists وهى تنتمى إلى مايدخل فى المجال العام لعلم التاكسونوميا، أى علم التصنيف.

الفصل العاشر

الشجرة الحقيقية الوحيدة للحياة

هذا الكتاب هو أساسا عن التطور كوسيلة «للتصميم» المركب، وكتفسير للظواهر الطبيعية المعقدة. وهذا هو السبب فى مداومتى للحديث عن العيون وعن تحديد الموضع بالصدى. على أن ثمة مجال كامل آخر من الأشياء التى تفسرها نظرية التطور. فهناك ظواهر التنوع Diversity: أى نمط النماذج المختلفة للحيوان والنبات التى تتوزع فى أرجاء العالم وتوزيع الخواص فيما بينها. ورغم أنى مشغول أساسا بالعيون وبأجزاء أخرى من نظام الماكينات المعقد، إلا أنه يجب على ألا أهمل هذا الوجه الآخر من دور التطور فى مساعدتنا على فهم الطبيعة. وهكذا فإن هذا الفصل هو عن علم التصنيف.

وعلم التصنيف، أى التاكسونوميا، له بالنسبة إلى بعض الناس سمعة لا يستحقها بأنه علم فيه ملالة، ويرتبط فى العقل الباطن بالمتاحف المتربة ورائحة سوائل الحفظ، وكأنما يخلط بينه وبين فن تحنيط الحيوانات(*). والحقيقة أن هذا العلم قد يكون أى شئ إلا أن يكون مملا. وهو لأسباب لا أفهمها فهما كاملا أحد المجالات المثيرة لأعنف الجدل من بين سائر مجالات البيولوجيا كلها. وهو مما يثير اهتمام الفلاسفة والمؤرخين، وله دوره المهم الذى يقوم به فى أى نقاش عن التطور. وقد برز من بين صفوف علماء التصنيف بعض من أشد البيولوجيين المحدثين صراحة ممن يزعمون أنهم ضد الداروينية.

ورغم أن علماء التصنيف يدرسون غالبا الحيوانات أو النباتات، فإن كل ضروب الأشياء الأخرى يمكن تصنيفها: الصخور، والسفن الحربية، وكتب المكتبة، والنجوم، واللغات.

(*) هنا بعض جناس بالإنجليزية بين علم التصنيف Taxonomy وفن التحنيط Taxidermy. (المترجم).

والتصنيف المرتب كثيرا ما يُطرح كوسيلة ذات فائدة، كضرورة عملية، وهذا فعلا جزء من الحقيقة. فالكتب فى مكتبة كبيرة تكاد تكون بلا فائدة إلا إذا نُظمت ببعض وسيلة غير عشوائية بحيث يمكنك العثور على الكتب التى تدور حول موضوع بعينه عندما تريدها. فعلم المكتبات، أو لعله فن المكتبات، هو بمثابة تمرين فى تطبيق علم التصنيف. وبنفس هذا النوع من السبب، فإن البيولوجيين يجدون أن حياتهم تصبح أكثر سهولة لو أمكنهم ترتيب الحيوانات والنباتات فى صنوف مسماة متفق عليها. ولكن لو قيل أن هذا هو السبب الوحيد لعلم تصنيف الحيوان والنبات لكان فى ذلك إغفال لأغلب ما فى الأمر. فهناك بالنسبة للبيولوجيين التطوريين شئ خاص جدا بشأن تصنيف الكائنات الحية، شئ لا يصدُق على أى نوع آخر من التصنيف. فمما يترتب على فكرة التطور أنه لا يوجد كشجرة عائلة متفرعة لكل الكائنات الحية إلا شجرة واحدة صحيحة فى تفرد، وأنه يمكننا أن نؤسس علمنا التصنيفى على هذه الشجرة. وبالإضافة إلى تفرد علم التصنيف هذا، فإن له خاصة مفردة سأسميها «التداخل الكامل» Perfect Nesting. أما معنى هذا وسبب أهميته هكذا، فهو الموضوع الرئيسى لهذا الفصل.

هيا نستخدم المكتبة كمثل لعلم التصنيف غير البيولوجى. ليس هناك حل صحيح واحد فريد بالنسبة لمشكلة كيف ينبغى تصنيف الكتب فى مكتبة أو متجر كتب. فأحد أمناء المكتبة قد يقسم مجموعته إلى الأصناف الرئيسية التالية: العلم، التاريخ، الأدب، الفنون الأخرى، المؤلفات الأجنبية، الخ. وكل واحد من هذه الأقسام الرئيسية فى المكتبة سيقسم إلى فروع. فجناح العلم فى المكتبة قد يقسم إلى فروع من بيولوجيا، وجيولوجيا، وكيمياء، وفيزياء، وهلم جرا. وكتب قطاع البيولوجيا فى جناح العلم يمكن أن تقسم إلى أرفف مخصصة للفسيولوجيا، والتشريح، والكيمياء الحيوية، والانتومولوجيا، وما إلى ذلك. وأخيرا فإن الكتب على كل رف يمكن وضعها حسب الترتيب الأبجدى. وستقسم الأجنحة الرئيسية الأخرى فى المكتبة إلى فروع على نحو مشابه، كجناح التاريخ، وجناح الأدب، وجناح اللغات الأجنبية، وهلم جرا. فالمكتبة إذن تُقسم فى طبقات بطريقة تجعل من الممكن للقارئ أن يرسو على الكتاب الذى يريده. والتصنيف فى طبقات أمر له فائدته

لأنه يمكّن المستعير من أن يجد طريقه بسرعة فيما حوله من مجموعة الكتب. ولنفس هذا النوع من السبب تنظم الكلمات فى القواميس حسب الترتيب الأبجدى.

على أنه ليس ثمة تنظيم طبقات وحيد يجب ن تنظم به الكتب فى المكتبة. ومن الممكن أن يختار أمين مكتبة مختلف ترتيب المجموعة نفسها من الكتب بطريقة مختلفة ولكنها ما زالت طريقة تقسيم لطبقات. فهو مثلا قد لا يكون لديه جناح منفصل للغات الأجنبية، وإنما قد يفضل وضع الكتب بصرف النظر عن اللغة، فى الأماكن الصحيحة لموضوعها: فكتب البيولوجيا الألمانية توضع فى قطاع البيولوجيا، وكتب التاريخ الألمانية فى قطاع التاريخ، وهلم جرا. وقد يتخذ أمين مكتبة ثالث سياسة راديكالية بوضع كل الكتب أيا كان موضوعها، حسب الترتيب الزمنى لإصدارها، معتمدا على بطاقات الفهرست (أو مرادفاتها فى الكمبيوتر) فى العثور على الكتب التى تدور حول الموضوعات المطلوبة.

إن هذه الخطط المكتبية الثلاث تختلف إحداها تماما عن الأخرى، على أنها كلها فيما يحتمل ستعمل بصورة وافية، وتعد مقبولة لدى الكثيرين من القراء، وإن كانت، فيما يعرض، غير مقبولة لدى ذلك العضو الكهل الغاضب بأحد نوادى لندن، والذى سمعته ذات مرة فى المذياع وهو يعنف لجنة ناديه لأنها وظفت أمينا للمكتبة. فالمكتبة قد استمر بها الحال لمائة عام دون تنظيم، وهو لا يدرى سببا لاحتياجها الآن للتنظيم. وسأله مندوب الإذاعة برقة عن الطريقة التى يظن أنه ينبغى ترتيب الكتب بها، فزأر دون تردد «الأطول إلى اليسار والأقصر إلى اليمين!» وتصنف متاجر الكتب الشعبية كتبها إلى أقسام رئيسية تعكس الطلب الشعبى. فبدلا من العلم والتاريخ والأدب والجغرافيا وما إلى ذلك، فإن أقسامها الرئيسية هى زراعة الحدائق، والطهى، و «برامج التليفزيون»، والسحر، وقدرأيت ذات مرة أحد الأرفف وقد وضعت عليه لافتة بارزة هى «الدين والأطباق الطائرة».

وهكذا فليس من حل «صحيح» لمشكلة كيفية تصنيف الكتب. وأمناء المكاتب يمكن أن يوجد بين الواحد منهم والآخر أوجه خلاف معقولة بشأن سياسة التصنيف، ولكن المعايير التى يقاس بها الفوز أو الخسارة فى النقاش لن تتضمن الحكم «بحقيقة» أو «صحة» أحد نظم التصنيف بالنسبة للآخر. والأولى أن المعايير التى سوف يدور النقاش حولها هى

«فائدة من يستخدمون المكتبة»، «وسرعة العثور على الكتب»، وما إلى ذلك. وبهذا المعنى يمكن القول بأن علم تصنيف الكتب فى المكتبة يتصف بالتعسفية. ولا يعنى هذا أنه من غير المهم أن يبتكر نظام تصنيف جيد؛ فالأمر أبعد من ذلك. إن ما يعنيه فعلا هو أنه ليس ثمة نظام تصنيف واحد يتم الاتفاق عليه بالإجماع على أنه التصنيف الصحيح الوحيد لعالم مكتمل فى معلوماته. ومن الناحية الأخرى فإن علم تصنيف الكائنات الحية كما سوف نرى، يمتلك تلك الخاصة القوية التى تنقص علم تصنيف الكتب؛ أو على الأقل يمتلكها لو أننا اتخذنا موقفا تطوريا.

ومن الممكن طبعا ابتكار أى عدد من النظم لتصنيف الكائنات الحية، ولكنى سأبين أنها فيما عدا نظام واحد منها، هى كلها بالضبط تعسفية مثل علم التصنيف المكتبى. وإذا كان ما يطلب هو مجرد الفائدة، فإن أمين أحد المتاحف قد يصنف عيناته حسب الحجم وطريقة الحفظ: عينات كبيرة محنطة؛ وعينات صغيرة مجففة ومثبتة بالدبابيس على ألواح فلين فى صوانى؛ وعينات مخللة فى قوارير؛ وعينات ميكروسكوبية على شرائح، وهلم جرا. والتقسيم إلى مجموعات تقسيما من أجل الفائدة هكذا هو أمر شائع فى حدائق الحيوان. ففى حديقة حيوانات لندن وضعت الخراتيت فى «بيت الفيل»، دونما سبب أفضل من أنها تحتاج مثل الفيلة إلى نفس نوع القفص شديد الإحكام. وعالم البيولوجيا التطبيقى قد يصنف الحيوانات إلى حيوانات مؤذية (تقسم فرعيا إلى آفات طبية، وآفات زراعية، والحيوانات الخطرة مباشرة التى تعض أو تلدغ)، وحيوانات مفيدة (تقسم فرعيا بطرق مشابهة) وحيوانات محايدة. وعالم التغذية قد يصنف الحيوانات حسب قيمة لحومها الغذائية للانسان، ومرة أخرى مع تقسيم أصنافها تقسيما فرعيا بارعا. وقد طرزت جدتى ذات يوم كتابا للأطفال عن الحيوانات مصنوع من القماش، وهو يصنف الحيوانات حسب أقدامها. وقد وثق علماء الانثروبولوجيا نظما بارعة عديدة لتصنيف الحيوان قد استخدمتها القبائل فى أرجاء العالم.

على أنه من بين كل نظم التصنيف التى يمكن الحلم بها، يوجد نظام واحد فريد، فريد بمعنى أن كلمات من مثل «صحيح» وغير «صحيح» و«حقيقى» و «زائف»

يمكن تطبيقها عليه باتفاق كامل، بفرض وجود معلومات كاملة. وهذا النظام الوحيد هو النظام المؤسس على علاقات تطورية. وحتى أتجنب البلبلة سأعطى هذا النظام الإسم الذى يعطيه البيولوجيون لأكثر أشكاله صرامة: علم التصنيف التفرعى، Cladistic Taxonomy.

وفى التصنيف التفرعى يكون المعيار النهائى لتجميع الكائنات الحية معا فى مجموعات هو مدى وثوق قرابة أبناء العمومة، أو بكلمات أخرى درجة الحداثة النسبية للجد المشترك. فالطيور مثلا تتميز عن غير الطيور بحقيقة أن الطيور كلها تنحدر من جد مشترك ليس جدا لأى من غير الطيور. والثدييات كلها تنحدر من جد مشترك ليس جدا لأى من غير الثدييات. والطيور والثدييات لها جد مشترك أكثر قدما، يشتركان فيه مع حيوانات أخرى كثيرة مثل الثعابين والسحالى والتوتارا(*) Tuatara. والحيوانات التى تنحدر من هذا الجد المشترك تسمى حيوانات أمنيوسية(**) . وهكذا فإن الطيور والثدييات أمنيوسية. و «الزواحف» حسب رأى المصنفين التفرعيين ليست مصطلحا تصنيفيا حقيقيا، لأنها معرفة بالاستثناء: فهى كل الحيوانات الأمنيوسية عدا الطيور والثدييات. وبكلمات أخرى، فإن أقرب جد مشترك لكل «الزواحف» (الثعابين، والسلاحف، الخ) هو أيضا جد لبعض حيوانات من غير «الزواحف»، أى الطيور والثدييات.

ومن داخل الثدييات تتشارك الجرذان والفئران معا فى جد حديث مشترك؛ وتتشارك الفهود والأسود فى جد حديث مشترك؛ وكذلك أيضا حيوانات الشمبانزى والبشر. والحيوانات التى على صلة قرابة وثيقة هى الحيوانات التى تتشارك فى جد مشترك حديث. والحيوانات التى على صلة قرابة أبعد من ذلك تتشارك فى جد مشترك أقدم. والحيوانات التى على صلة قرابة بعيدة جدا، كما بين البشر والبزاقة العارية Slug تتشارك فى جد مشترك قديم جدا. ولا يمكن قط أن تكون الكائنات الحية على «غير» صلة قرابة بالكلية، ذلك أنه يكاد يكون مؤكدا أن الحياة كما نعرفها قد نشأت فحسب مرة واحدة على الأرض.

والتصنيف التفرعى الحق هو بصورة صارمة تصنيف ذو طبقات، وهذا تعبير استخدمه ليعنى أنه يمكن تمثيله بشجرة فروعها تتفرق دائما ولا تتلاقى قط ثانية. وفى رأى أنا

(*) حيوان ليلى فى نيوزيلندا يشبه السحالى. (المترجم).

(**) نسبة لكيس الجنين الأمنيوسى أو النخطى. (المترجم).

(وهو رأى لا تتفق معه بعض مدارس التصنيفيين مما سنناقشه فيما بعد) أنه تصنيف ذو طبقات بصورةصارمة، «ليس» بسبب أن التصنيف إلى طبقات هو أمر مفيد، مثل تصنيف أمين المكتبة، وليس بسبب أن كل شئ فى العالم يقع طبيعيا فى نمط طبقى، ولكن السبب ببساطة هو أن نمط انحدار السلالات تطوريا هو نمط فى طبقات. فشجرة الحياة ما إن تتفرع لأبعد من حد أدنى معين من المسافة (هى أساسا حدود النوع) حتى لا تعود الفروع ثانية تتلاقى قط معا (وقد يكون هناك بعض استثناءات نادرة جدا، كما فى منشأ الخلية ذات النواة الحقيقية التى ورد ذكرها فى الفصل السابع). لقد انحدرت الطيور والثدييات من جد مشترك، ولكنها الآن فروع منفصلة من شجرة التطور، وهى لن تتجمع قط ثانية معا: فلن يكون هناك قط تهجين بين أحد الطيور وأحد الثدييات. ومجموعة الكائنات الحية التى يكون لها هذه الخاصية، من أنها تنحدر كلها من جد مشترك ليس جدا لأى حيوان خارج عضوية الجماعة، تسمى فرعا Clade، وهى الكلمة الإغريقية لفرع الشجرة.

وثمة طريقة أخرى لتمثيل هذه الفكرة من الطبقية الصارمة بلغة من «التداخل الكامل» Perfect nesting. هيا نكتب أسماء أى مجموعة من الحيوانات على فرخ ورق كبير ونرسم حلقات حول المجموعات التى على صلة قرابة. فالجرذ والفأر مثلا تضمهما حلقة صغيرة تدل على أنهما أبناء عمومة وثيقة، ولهما جد مشترك حديث. وخنزير غينيا(*) وخنزير الماء(**) Capybara تضمهما معا حلقة صغيرة أخرى. وحلقة الجرذ/ الفأر هى وحلقة خنزير غينيا/ خنزير الماء هما بدورهما تضمهما معا حلقة أكبر تعنون باسمها الخاص وهو القوارض (ومعها القندس والشيهم(***) والسنجاب وحيوانات كثيرة أخرى). والحلقات الداخلية يقال أنها «متداخلة» فى الحلقات الخارجية الأكبر. وفى مكان آخر على الورقة، يضم الأسد والنمر معا فى حلقة صغيرة. وهذه الحلقة تضم هى وحلقات أخرى داخل حلقة عنوانها القطط. والقطط، والكلاب، والنموس، والدببة.. الخ. كلها تضم فى سلسلة من حلقات داخل حلقات داخل حلقة كبيرة واحدة عنوانها

(*) قارض يشبه الفأر يستخدم كحيوان تجارب. (المترجم).

(**) قارض فى أمريكا الجنوبية يعد أكبر القوارض الحية وهو غالبا مائى. (المترجم).

(***) الشيهم حيوان قارض شائك. (المترجم).

اللاحمات. وحلقة الجرذان هى وحلقة اللاحمات تشترك فى سلسلة أكبر من حلقات داخل حلقات داخل حلقة كبيرة جدا عنوانها الثدييات.

والشئ الهام فى هذا النظام من الحلقات داخل الحلقات هو أنها «متداخلة تداخلا كاملا». ولا يحدث قط ولا بفرصة وحيدة واحدة، أن تتقاطع الحلقات التى نرسمها إحداها مع الأخرى. وإذا أخذت أى حلقتين متداخلتين، سيكون حقيقيا دائما أن تقول أن إحداهما تقع بالكامل داخل الأخرى. والمساحة التى تضمها الحلقة الداخلية تكون دائما مضمومة بالكامل داخل الحلقة الخارجية: ولا يوجد قط أى تداخل جزئى. وهذه الظاهرة من التداخل الكامل تصنيفيا لا تظهر بالنسبة للكتب، أو اللغات، أو أنواع التربة، أو مدارس الفكر فى الفلسفة. ولو رسم أمين مكتبة حلقة حول كتب البيولوجيا وحلقة أخرى حول كتب اللاهوت، سيجد أن الحلقتين تتشابكان. وسيكون فى منطقة التشابك كتب لها عناوين مثل: «البيولوجيا والإيمان المسيحى».

وربما تتوقع من ظاهر الأمور أن يُظهر تصنيف اللغات خاصية التداخل الكامل. فاللغات كما رأينا فى الفصل الثامن تتطور فيما يشبه تطور الحيوان. واللغات التى قد افترقت حديثا عن جد مشترك، مثل السويديه والنرويجية والدانمركية، تشبه إحداها الأخرى إلى حد أكبر كثيرا مما تشبه به اللغات التى افترقت عنها منذ زمن طويل، كاللغة الأيسلندية. ولكن اللغـات لا تفترق وحسب، فهى أيضا تمتزج معا. والإنجليزية الحديثة هى هجين بين اللغتين الألمانية والرومانيه اللتان افترقتا منذ زمن أقدم كثيرا، وإذن فإن الانجليزية لا تتلاءم تلاؤما كاملا فى أى شكل من التداخل الطبقى. وسنجد أن الحلقات التى تضم الانجليزية تتقاطع لتتشابك جزئيا. أما الحلقات التصنيفية البيولوجية فلا تتقاطع أبدا بهذه الطريقة، لأن التطور البيولوجى الذى فوق مستوى النوع هو دائما متفرق.

هيا نعود إلى مثل المكتبة، وما من أمين مكتبة يستطيع أن يتجنب تجنبا كاملا مشكلة التوسطيات أو التشابكات. فلا فائدة من أن يوضع قطاعى البيولوجيا واللاهوت متجاورين مع وضع الكتب التوسطية فى الممر الذى يكون بينهما؛ إذ ما الذى سنفعله بعدها بالكتب التى تتوسط ما بين البيولوجيا والكيمياء، وبين الفيزياء واللاهوت،والتاريخ واللاهوت، والتاريخ والبيولوجيا؟ وأعتقد أنى على صواب عندما أقول أن مشكلة التوسطيات هى جزء

لا مفر من أنه موجود جليًا فى كل الأنظمة التصنيفية فيما عدا ذلك النظام الذى ينبثق عن البيولوجيا التطورية. وبالحديث عن نفسى فإن مشكلة التوسطيات هذه تكاد تثير حنقى فيزيائيا عندما أحاول القيام بمهمة متواضعة هى ترتيب الملفات التى تنشأ عن عملى المهنى: ترتيب كتبى الخاصة على الأرفف، ونسخ أوراق البحث العلمى التى يرسلها إلى الزملاء (بأطيب النوايا) ؛ وترتيب الأوراق الإدارية؛ والخطابات القديمة وما إلى ذلك. ومهما كانت الأقسام التى يتخذها المرء لتنظيم ملفاته، فإنه توجد دائما عناصر مربكة ليس لها قسم يلائمها، ويقودنى ترددى المزعج إلى اتخاذ قرار بما أقوله آسفا، وهو أنى أترك الأوراق الشاذة فى الخارج على النضد، وأحيانا تظل هكذا لسنوات حتى يصبح إلقاؤها بعيدا أمرا آمنا. وكثيرا ما يلجأ المرء إلى قرار غير مرضى بعمل قسم من «المنوعات»، وهو قسم ما إن ينشأ حتى ينزع نزعة خطيرة للنمو. وإنى لأتساءل أحيانا أليس أمناء المكاتب والمتاحف كلهم مستهدفين بالذات للإصابة بالقرحة، وذلك عدا أمناء متاحف البيولوجيا.

إن علم تصنيف الكائنات الحية لا تنشأ فيه هذه المشاكل لترتيب الملفات. فليس هناك حيوانات من «المنوعات». وما دمنا نبقى فوق مستوى النوع، وما دمنا ندرس فحسب الحيوانات الحديثة (أو الحيوانات التى فى أى شريحة زمنية بعينها: انظر ما بعد) فليس هناك أى توسطيات مربكة. وإذا بدا أن حيوانا ما هو توسطى مربك، كأن يبدو مثلا فى حالة توسط بالضبط بين الحيوان الثديى والطير، فإن عالم التطور يكون واثقا من أنه «يجب» أن يكون بصورة محددة إما الواحد أو الآخر. فمظهر التوسطية لا بد وأن يكون توهما. أما أمين المكتبة سيئ الحظ فلا يمكنه أن يكون واثقا هكذا. ومن الجائز تماما لأحد الكتب أن ينتمى فى نفس الوقت إلى كل من قسمى التاريخ والبيولوجيا. والبيولوجيون أصحاب النزعة التفرعية لا يدخلون قط فى محاجات من نوع محاجات أمناء المكتبات عما إذا كان من «الأفيد» تصنيف الحيتان كثدييات أو كأسماك، أو أنها توسطية بين الثدييات والأسماك. إن المحاجة الوحيدة عندنا تكون بالحقائق. ويتفق فى هذه الحالة أن الحقائق تصل بكل البيولوجيين المحدثين إلى نفس الاستنتاج . فالحيتان ثدييات وليست أسماكا، وهى ليست توسطيات ولا بأدنى درجة. فهى ليست قريبة للأسماك قرابة أكثر من قرابة البشر للأسماك أو قرابة خلد الماء ذى منقار البطة Platypus أو أى ثديى آخر.

ومن المهم حقا أن نفهم أن كل الثدييات ـ البشر، والحيتان وخلد الماء ذو منقار البطة، وسائر الثدييات ـ كلها «تتساوى بالضبط» فى قرابتها للأسماك، حيث أن كل الثدييات ترتبط بالأسماك عن طريق نفس الجد المشترك. وأسطورة أن الثدييات مثلا تشكل سلّما أو «مقياسا مدرجا»، حيث أفرادها الأدنى أقرب للأسماك من أفرادها الأعلى، هى بعض من التعالى الذى لا ينتمى للتطور أى انتماء. إنها فكرة قديمة قبل التطور، تسمى أحيانا «سلسلة الوجود الكبرى» كان ينبغى أن يتم هدمها بواسطة التطور، ولكنها قد تم امتصاصها خفية إلى الأسلوب الذى يفكر به الكثيرون عن التطور.

ولا أستطيع عند هذه النقطة أن أقاوم محاولة جذب الانتباه إلى الوجه المثير للسخرية فى ذلك التحدى الذى يغرم أعداء التطور بقذفه فى وجه التطوريين: «هلاّ قدمتم ما لديكم من توسطيات. لو كان هناك تطور حقا، فإنه ينبغى أن توجد حيوانات فى منتصف الطريق بين القطة والكلب، أو بين الضفدع والفيل. ولكن هل رأى أحد قطّ ضفدفيل؟» ولقد أرسلت لى منشورات معادية للتطور تحاول الهزء به بواسطة رسوم لكائنات خرافية مضحكة،مؤخرة حصان مثلا مزروعة فى مقدمة كلب، ويبدو أن واضعيها يتصورون أنه ينبغى أن يتوقع التطوريون وجود حيوانات توسطية من هذا النوع. وهذا لا يخطئ فحسب النقطة الأساسية، بل أنه بالضبط هو الدعوى النقيضة لها. فمن أقوى التوقعات التى تعطيها لنا نظرية التطور أن التوسطيات التى من هذا النوع ينبغى «ألا» توجد. وهذه هى الفكرة الرئيسية فى مقارنتى بين الحيوانات وكتب المكتبة.

وإذن فإن علم تصنيف الكائنات الحية المتطورة له خاصة فريدة هى أنه يوفر الاتفاق الكامل فى عالم اكتملت المعلومات فيه. وهذا هو ما عنيته بقولى أن كلمات مثل «حقيقى» و «زائف» يمكن تطبيقها بالنسبة لأى دعوى فى التصنيف التفرعى، وإن كان ذلك غير ممكن بالنسبة لأى دعوى فى أى تصنيف لأمناء المكاتب. وينبغى هنا أن نطرح تعديلين اثنين. الأول، أننا فى العالم الواقعى ليس لدينا معلومات كاملة. والبيولوجيون قد يختلف أحدهم مع الآخر بشأن الحقائق عن الأسلاف، وربما يكون من الصعب وضع حد للنقاش بسبب عدم اكتمال المعلومات ـ كما مثلا فى عدم كفاية الحفريات. وسيكون لى عودة إلى هذه النقطة. والثانى، أن ثمة نوعا مختلفا من المشاكل ينشأ عندما

تكون لدينا حفريات «أكثر» مما يلزم. إن الدقة والتمايز فى التصنيف تصبح عرضة للتبخر لو حاولنا تضمين كل الحيوانات التى عاشت قط بدلا من الاقتصار على الحيوانات الحديثة فقط. وسبب ذلك أنه مهما كان بعد المسافة بين حيوانين حديثين ـ كأحد الطيور وأحد الثدييات مثلا ـ فإنهما بالفعل كان لهما فيما مضى جد مشترك. ولو جوبهنا بمحاولة لوضع هذا الجد فى مكان مناسب فى تصنيفنا الحديث فإن هذا قد يثير لنا المشاكل.

وفى نفس اللحظة التى نبدأ فيها النظر فى أمر حيوانات بائدة، لن يصبح بعد من الحقيقى أنه لا توجد توسطيات. وعلى العكس، سيكون علينا وقتها أن نناضل فى صف الرأى القائل بإمكان وجود سلسلة متصلة من التوسطيات. وإن التمييز بين الطيور الحديثة واللاطيور الحديثة مثل الثدييات ليس تمييزا قاطعا إلا لأن التوسطيات التى تلتقى وراءا عند الجد المشترك هى كلها ميتة. وحتى نزيد من قوة إثبات هذه النقطة أقصى الاثبات، هيا نفكر ثانية فى طبيعة «كريمة» فيما نفترض، تزودنا بسجل كامل من الحفريات؛ فيه حفريةلكل حيوان قد عاش قط. عندما عرضت هذا التخيل فى الفصل السابق، ذكرت أن الطبيعة عندها ستكون فى الواقع من إحدى وجهات النظر، طبيعة «غير» كريمة. وكنت أفكر وقتها فى الجهد الشاق لدراسة وتوصيف كل هذه الحفريات، ولكننا الآن نصل إلى وجه آخر من مفارقة عدم الكرم هذا. فسجل الحفريات الكامل سيجعل من الصعب جدا تصنيف الحيوانات إلى مجاميع متميزة قابلة للتسمية. ولو كان لدينا سجل حفريات كامل، لكان ينبغى علينا أن نتخلى عن الأسماء المتميزة وأن نلجأ إلى استخدام بعض رموز رياضية أو رسوم بمقاييس مدرجة متدرجة. والعقل البشرى يفضل الأسماء عن ذلك تفضيلا أكثر كثيرا. وهكذا، فبمعنى ما، يكون من الأفضل كون سجل الحفريات فقيرا.

ولو نظرنا أمر كل الحيوانات التى عاشت قط بدلا من الحيوانات الحديثة وحدها، فإن كلمات مثل «بشر» و «طير» تصبح معماة بلا حدود واضحة مثلها تماما مثل كلمات «طويل» و «سمين». ومن الممكن أن يثور الجدل بين علماء الحيوان دون التوصل لحل عما إذا كانت حفرية معينه هى من الطيور أو ليست منها. والحقيقة أنهم كثيرا ما يتجادلون بشأن هذه المسألة بالذات بالنسبة للحفرية الشهيرة أركيوبتيركس(*) Archaeopteryx.

(*) طائر بدائى منقرض به شبه للزواحف. (المترجم).

ويثبت فى النهاية أنه إذا كان التمييز بين «الطائر/ واللاطائر» أوضح مما بين الطويل/ والقصير، فإن سبب ذلك وحده أن التوسطيات المربكة فى حالة الطائر/ اللاطائر قد ماتت كلها. ولو حدث أن وفد طاعون انتخابى عجيب فقتل كل الأفراد ذوى الطول المتوسط، فإن كلمتى «طويل» و «قصير» ستصلان إلى أن يكون لكل منهما معنى محدد يماثل تماما تحدد كلمتى «طير» أو «ثديى».

وليس التصنيف الحيوانى وحده هو الذى ينجو من الغموض المربك بسبب تلك الحقيقة المفيدة من أن معظم التوسطيات الآن قد انقرضت. فهذا يصدق أيضا على الأخلاقيات والقوانين البشرية. فنظمنا القانونية والأخلاقية ترتبط ارتباطا عميقا بالنوع Spe-cies. ومدير حديقة الحيوان مؤهل قانونا لأن «يتخلص من» أى فرد من أفراد الشمبانزى يزيد عن الحاجة. بينما لو طُرح أى اقتراح «بالتخلص من» أحد الحراس أو بائعى التذاكر ممن يفيض عن الحاجة، فإن ذلك سيقابل بصرخات غاضبة مستنكرة. فالشمبانزى إنما هو مِلْك لحديقة الحيوان. وأفراد البشر هم فيما يفترض فى هذه الأيام ليسوا مملوكين لأى فرد، على أن المنطق فى التمييز ضد الشمبانزى هكذا نادرا ما يُفصَح عنه، بل إنى أشك أن هناك أى منطق لذلك يمكن الدفاع عنه إطلاقا. ويصل بنا التعصب النوعى فى مواقفنا هذه الملهمة بالمسيحية إلى ما يأخذ بالأنفاس، فإجهاض إحدى اللواقح البشرية (ومعظمها على أى حال مصيره محتوم بالإجهاض تلقائيا) يمكن أن يثير القلق أخلاقيا والسخط للفضيلة بأكثر من التشريح الحى لأى عدد من أفراد الشمبانزى البالغة الذكية! وقد استمعت إلى علماء ليبراليين على خلق، وممن ليس لديهم أى نية لأن يشرّحوا فعلا أفراد الشمبانزى الأحياء، ولكنهم يدافعون بحماس عن «حقهم» فى فعل ذلك لو شاءوا، دون تدخل من القانون. وأناس كهؤلاء كثيرا ما يكونون أول من يهب عند أدنى انتهاك لحقوق «الانسان». والسبب الوحيد فى أننا يمكننا الإحساس بالراحة رغم الكيل بكيلين هكذا هو أن التوسطيات بين البشر والشمبانزى كلها قد ماتت.

وآخر جد مشترك للبشر والشمبانزى ربما قد عاش حديثا منذ زمن من مثل خمسة ملايين سنة، وهذا بالتأكيد أكثر حداثة من الجد المشترك للشمبانزى والأورانج أوتان، ولعله أكثر حداثة بثلاثين مليون سنة من الجد المشترك للشمبانزى والقردة. والشمبانزى

يتشارك وإيانا فى أكثر من ٩٩ فى المائة من جيناتنا. ولو كانت الجزر المنسية المختلفة فى أنحاء العالم قد تم فيها اكتشاف أن هناك أحياءا باقية من التوسطيات كلها حتى تصل رجوعا إلى الجد المشترك للشمبانزى/ الانسان، لما استطاع أى واحد أن يشك فى أن قوانيننا وتقاليدنا الأخلاقية كانت ستتأثر تأثرا عميقا، خاصة أنه كان سيحدث فيما يفترض بعض توالد متبادل على طول هذا المدى. فإما أنه سيؤمّن كما يجب للأفراد فى المدى كله أن تكون لهم حقوق الانسان كاملة (حق التصويت للشمبانزى)، وإما أنه سيكون فيما يجب نظام محكم يشبه نظام العزل بقوانين التمييز العنصرى، وبمحاكم تقرر ما إذا كان أفراد معينون هم قانونا من «الشمبانزى» أو قانونا من «البشر»، ويشعر الناس بالنكد ينال منهم بسبب رغبة بناتهم فى الزواج من واحد من «أولئك» الآخرين. على أنى أفترض أننا قد استكشفنا العالم بما يكفى جيدا لأن نأمل أن نزوة خيال بسيطة هكذا لن تتحقق قط. على أنه ينبغى على كل من يظن أن ثمة شيئا واضحا وبديهيا فيما يتعلق «بحقوق» الإنسان أن يتأمل كيف أنه من خالص الصدفة فحسب أن هذه التوسطيات المربكة قد اتفق أنها لم تبق حية. والبديل لذلك هو أن الشمبانزى لو كان لم يكتشف حتى اليوم لكان سينظر إليه على أنه هو هذه التوسطيات المربكة.

وربما لاحظ قراء الفصل السابق أن كل المحاجة فيه عن أن التصنيفات تصبح غير واضحة المعالم عندما لا نلتزم بالحيوانات المعاصرة، لهى محاجة تفترض أن التطور يجرى بسرعة ثابتة بدلا من أن يكون مرقما. وكلما اقتربت نظريتنا من أقصى حد للتغير السلس المستمر، زاد تشاؤمنا فيما يتعلق بمجرد إمكان تطبيق كلمات مثل طير أو لا طير، وبشر أو لا بشر، على كل الحيوانات التى قد عاشت قط. والوثوبى المتطرف هو الذى يستطيع الاعتقاد بأنه كان هناك حقا إنسان أول، يبلغ حجم مخه الطافر ضعف حجم مخ أبيه ومخ أخيه شبيه الشمبانزى.

وكما قد رأينا، فإن أتباع التوازن المرقم هم فى أغلبهم ليسوا بالوثوبيين الحقيقيين. ورغم هذا فإن مشكلة غموض الأسماء بالنسبة لهم يلزم أن تبدو أقل حدة مما تبدو عليه من وجهه النظر التى تكون الاستمرارية فيها أكثر . ومشكلة التسمية ستنشأ حتى عند الترقيميين لو حدث حرفيا أن كل حيوان قد عاش قط يتم حفظه فى صورة حفرية، ذلك

أن الترقيميين هم فى الحقيقة تدريجيون عندما ندخل للصميم من التفصيلات. ولكن حيث أنهم يفترضون أنه من غير المحتمل بالذات أننا سنجد حفريات توثق الفترات القصيرة من التحول السريع، بينما من المحتمل بالذات أننا سنجد حفريات توثق الفترات الطويلة من السكون، فإن «مشكلة التسمية» ستكون أقل حدة بالنسبة للنظرة الترقيمية إلى التطور عما تكونه بالنسبة للنظرة غير الترقيمية له.

وهذا هو السبب فى أن الترقيميين وخاصة نايلز الدردج، يضخمون من شأن معالجة «النوع» «ككيان» حقيقى. وعند غير الترقيمى، فإن النوع لا يقبل التعريف إلا لأن التوسطيات المثيرة للإرباك قد ماتت كلها. وعدو الترقيمية المتطرف عندما ينظر طويلا لمجموع التاريخ التطورى، فإنه لا يستطيع مطلقا أن يرى «النوع» ككيان متميز. وهو يستطيع فحسب أن يرى مجالا متصلا لزجا. ومن وجهة نظره، فالنوع لا تكون له قط بداية واضحة محددة، ويكون له فى بعض الأحيان فقط نهاية محددة واضحة هى (الانقراض)؛ وكثيرا ما يحدث ألا ينتهى النوع بصورة حاسمة، وإنما هو يتحول تدريجيا إلى نوع جديد. والترقيمى من الناحية الأخرى، يرى النوع على أنه يأتى إلى الوجود فى وقت بعينه (على وجه التحديد ثمة فترة تحول لها أمد من عشرات الآلاف من السنين، ولكن هذا الأمد يعد قصيرا بالمقاييس الجيولوجيه). وهو فوق ذلك يرى النوع على أنه له نهاية محددة أو على الأقل نهاية يتم إنجازها بسرعة، وليس على أنه يذوى تدريجيا إلى نوع آخر. وحيث أن معظم حياة النوع، من وجهة نظر الترقيمى ، تنفق فى سكون بلا تغير، وحيث أن النوع له بداية ونهاية متميزتان، فإنه يترتب على ذلك بالنسبة للترقيمى، أنه يمكن القول بأن للنوع «مدى حياة» محدد قابل للقياس. أما غير الترقيمى فهو لن يرى أن للنوع «مدى حياة» مثل الكائن الحى الفرد. والترقيمى المتطرف يرى أن «النوع» كيان متميز يستحق بالفعل إسمه الخاص به. أما عدو الترقيمية المتطرف فيرى أن «النوع» إنما هو مدى محدد تعسفيا من نهر يتدفق باستمرار، دون وجود سبب معين لرسم خطوط تحدد بدايته ونهايته.

ولو كان هناك كتاب ترقيمى عن تاريخ مجموعة من الحيوانات، وليكن مثلا تاريخ الخيول عبر الملايين الثلاثين من الأعوام الماضية، فسوف تكون شخصيات الدراما فيه، ربما

كلها، من الأنواع بدلا من أن تكون من الكائنات الحية الفردية، لأن المؤلف الترقيمى يفكر فى الأنواع على أنها «أشياء» حقيقية، لها هويتها المتميزة الخاصة بها. والنوع يظهر على المسرح فجأة، ليختفى بمثل ذلك فجأة وقد حل مكانه النوع الخلف. وسيكون الكتاب تاريخا لمتتاليات، حيث يفسح أحد الأنواع الطريق لنوع آخر. ولكن لو أن عدوا للترقيمية كتب نفس التاريخ، فإنه لن يستخدم أسماء الأنواع إلا كوسيلة ذات فائدة على نحو ما. وهو عندما ينظر بالطول من خلال الزمن فإنه سيتوقف عن أن يرى الأنواع ككيانات متميزة. فالممثلون الحقيقيون فى تمثيليته هم الكائنات الفردية الحية وهى فى عشائر متناوبة. وتكون الحيوانات الفردية فى كتابه هى التى تفسح الطريق لذرية من حيوانات فردية، وليس النوع هو الذى يفسح الطريق للنوع. ولن يكون مما يدهش إذن، أن ينزع الترقيميون إلى الإيمان بضرب من الانتخاب الطبيعى على مستوى النوع، يعتبرونه مماثلا للانتخاب الداروينى على المستوى الفردى العادى. ومن الناحية الأخرى فإن غير الترقيميين يمليون لرؤية الانتخاب الطبيعى على أنه يعمل على مستوى لا يزيد عن مستوى الكائنات الحية الفردية. وفكرة «الانتخاب النوعى» هى أقل جاذبية بالنسبة لهم، لأنهم لا يفكرون فى الأنواع ككيانات لها وجود متميز خلال الزمان الجيولوجى.

إن هذه لهى اللحظة الملائمة لتناول نظرية الانتخاب النوعى التى ظلت باقية بمعنى ما من الفصل السابق. ولن أنفق فيها وقتا كثيرا لأنى قد بينت فى كتاب «المظهر الممتد» شكوكى حول أهميتها المزعومة فى التطور. ومن الحقيقى أن الأغلبية العظمى لأى أنواع عاشت قد أصابها الانقراض. ومن الحقيقى أيضا أن أنواعا جديدة تظهر إلى الوجود بمعدل يصل على الأقل إلى موازنة معدل الانقراض، بحيث أنه يوجد ضرب من «مستودع للأنواع» يتغير تركيبه طول الوقت. والانضمام اللاعشوائى إلى مستودع الأنواع هو وإزالة الأنواع منه لا عشوائيا يمكن لهما حقا من الوجهة النظرية، أن يكوّنا نوعا من الانتخاب الطبيعى على المستوى الأعلى. ومن الجائز أن خواصا معينة للأنواع تحابى احتمال انقراضها، أو احتمال إخراجها لبراعم لأنواع جديدة. والأنواع التى نراها فى العالم تنزع فى المقام الأول لأن تمتلك أيا مما تحتاجه حتى تأتى إلى العالم ـ حتى «يتم لها التنويع» ـ ثم أيا مما تحتاجه حتى لا يصيبها الانقراض. ولك إذا شئت أن تسمى ذلك

شكلا من الانتخاب الطبيعى، وإن كنت أخال أنه شكل يقترب من الانتخاب ذى الخطوة الواحدة أكثر من اقترابه من الانتخاب التراكمى. أما ما أشكك فيه فهو اقتراح أن لهذا الضرب من الانتخاب أى أهمية كبيرة فى تفسير التطور.

وهذا قد يعكس فحسب رأى أنا المتحيز عما هو مهم. وكما قلت فى بداية هذا الفصل، فإن ما أود أساسا أن تفعله نظرية التطور هو أن تفسر الميكانزمات المركبة ذات التصميم الجيد مثل القلوب والأيدى وتحديد الموقع بالصدى. وما من أحد حتى ولو كان أكثر المتحمسين لمذهب الانتخاب النوعى، يعتقد أن الانتخاب النوعى يستطيع أن يفعل ذلك. وبعض الناس يعتقدون فعلا أن الانتخاب النوعى يمكن أن يفسر بعض اتجاهات طويلة المدى فى سجل الحفريات، مثل ما تكاد تشيع ملاحظته من وجود اتجاه إلى زيادة حجم الجسم على مر العصور. فالخيول الحديثة كما رأينا، أكبر من أسلافها منذ ثلاثين مليون سنة. ويعترض أتباع مذهب الانتخاب النوعى على فكرة أن يكون هذا قد تم من خلال ميزة فردية ثابتة: فهم لا يرون اتجاه الحفريات على أنه يدل على أنه مما يحدث داخل النوع أن الأفراد الكبيرة من الخيول هى على نحو ثابت أكثر نجاحا من أفرادها الصغيرة: ولكنهم يعتقدون أن ما حدث هو التالى. لقد كان هناك الكثير من الأنواع، مستودع أنواع. وفى بعض هذه الأنواع كان متوسط حجم الجسد كبيرا، وفى بعضها الآخر كان المتوسط صغيرا (ربما لأن الأفراد الأكبر حجما فى بعض الأنواع كان أداؤهم أفضل، بينما فى أنواع أخرى كان أداء الأفراد الأصغر حجما هو الأفضل). والأنواع ذات الحجم الكبير للجسم كان احتمال انقراضها أقل من احتمال انقراض الأنواع ذات الحجم الصغير للجسد (أو أن لديها فرصة أكبر لإخراج براعم لأنواع جديدة تشبهها هى نفسها). وأيا كان ما يجرى من داخل النوع، فإن اتجاه الحفريات نحو حجم أكبر للجسد، هو حسب رأى أتباع الانتخاب النوعى، يرجع إلى تتالٍ من «الأنواع» يزيد متوسط حجم جسمها زيادة مطردة. بل إن من الجائز أنه بالنسبة لأغلب الأنواع قد يكون الأفراد «الأصغر» هم المحبَّذون، إلا أن اتجاه الحفريات يمكن أن يظل جهة الحجم الأكبر للجسم. وبكلمات أخرى فإن انتخاب «الأنواع» يمكن أن يحبذ تلك الأقلية من الأنواع التى يُحبَّذ فيها الأفراد الأكبر. وهذه النقطة هى بالضبط ما وصل إليه المنظر العظيم للداروينية

الجديدة جورج س. ويليامز، بما يعترف بأنه فيه بعض الشقاوة الشيطانية، وكان ذلك يسبق بزمن طويل ظهور مذهب الانتخاب النوعى الحديث على المسرح.

ومن الممكن أن يقال أن ما لدينا هنا، وربما فى كل الأمثلة المزعومة عن الانتخاب النوعى، لا يعد اتجاها تطوريا، وإنما هو على الأكثر «اتجاه لتتالى»، مثل الاتجاه إلى نباتات أكبر وأكبر عندما يتم استعمار قطعة أرض بور بالتتالى بواسطة أعشاب صغيرة، ثم حشائش أكبر، ثم شجيرات، ثم أخيرا «ذروة» أشجار الغابة البالغة. وعلى أى حال فسواء سمى الأمر اتجاه تتالى أو اتجاه تطور، فإن أنصار مذهب التطور النوعى قد يكون مما يحق لهم تماما أن يؤمنوا بأن هذا الضرب من الاتجاه هو ما يتعاملون معه كثيرا فى الطبقات المتتالية من سجل الحفريات، بصفتهم من متخصصى الباليونتولوجيا. ولكن كما سبق أن قلت، فإن أحدا لا يريد القول بأن الانتخاب النوعى يعد تفسيرا مهما لتطور التكيفات المركبة. وهاك سبب ذلك.

إن التكيفات المركبة هى فى أغلب الأحوال ليست خواصا للنوع، فهى خواص للأفراد. والأنواع ليس لها أعين ولا قلوب؛ وإنما الأفراد التى فى داخلها هى التى لها ذلك. وإذا كان أحد الأنواع قد أصابه الانقراض بسبب ضعف بصره، فالمفروض أن هذا يعنى أن كل فرد فى هذا النوع قد مات بسبب ضعف بصره. وصفة الإبصار هى خاصية للأفراد من الحيوانات. فما هو نوع الصفات Trait التى يمكن أن يقال أن «النوع» يمتلكها؟ الإجابة هى أنها يجب أن تكون صفات تؤثر فى بقاء وتكاثر النوع بأساليب لا يمكن ردها إلى حاصل جمع تأثيراتها فى بقاء الأفراد وتكاثرهم. وقد اقترحت فى المثل المفترض عن الخيول أن الأقلية من الأنواع التى يحبِّذ فيها الأفراد الأكبر حجما يكون احتمال انقراضها أقل من الأغلبية من الأنواع التى يحبذ فيها الأفراد الأصغر حجما. على أن هذا غير مقنع إلى حد كبير. فمن الصعب، أن تتصور أسبابا لأنه ينبغى أن يفك ما يوجد من ترابط بين بقاء النوع وبين حاصل جمع بقاءات الأفراد الأعضاء فى النوع.

والمثل الافتراضى التالى هو مثل أفضل للصفة التى على مستوى النوع. لنفرض أن الأفراد فى نوع ما كلها تكسب عيشها بنفس الطريقة. فكل حيوانات الكوالا(*) Koala

(*) من الحيوانات الجرابية فى استراليا. (المترجم).

مثلا تعيش فى أشجار الكافور ولا تأكل إلا أوراق شجر الكافور. ونوع كهذا يمكن أن يدعى بأنه متجانس. وقد يكون هناك نوع آخر يحوى أفرادا متنوعين يكسبون عيشهم بطرق مختلفة. وكل فرد قد يكون متخصصا مثله تماما مثل فرد الكوالا، ولكن النوع ككل يحوى عادات غذائية متنوعة. فبعض أعضاء النوع لا يأكلون شيئا سوى أوراق الكافور؛ وبعضهم الآخر لا يأكلون سوى القمح، والآخرون لا يأكلون إلا اليام(*)، وآخرون لا يأكلون إلا قشر الليمون، وهلم جرا. هيا ندعو هذا الصنف الثانى من الأنواع بأنه نوع فيه تنوع Variegated Species. وأعتقد الآن أن من السهل أن نتصور ظروفا يكون فيها النوع المتجانس أشد عرضة للانقراض عن النوع ذى التنوع. فحيوانات الكوالا تعتمد كلية على تزودها بالكافور، وإذا أصاب الكافور وباء يماثل مرض الدردار الهولندى فإنه سيفنى الكوالا. ومن الناحية الأخرى فإن النوع ذا التنوع سيظل «بعض» أفراده باقين أحياءا بعد أى وباء بعينه مما يصيب الأغذية النباتية، ويمكن للنوع أن يبقى مستمرا. ويسهل أيضا أن نعتقد أنه فى الأنواع ذات التنوع يكون احتمال إخراج البراعم لنوع ابن جديد احتمالا أكبر مما فى النوع المتجانس. فها هنا ربما سيكون هناك أمثلة للانتخاب الحقيقى على مستوى النوع. «فالتجانس» و «التنوع» هما صفتان على مستوى النوع حقا، بعكس صفة قصر النظر مثلا أو طول الساق. والمشكلة هى أن الأمثلة للصفات التى على مستوى النوع هكذا لهى أمثلة معدودة ومتباعدة.

وثمة نظرية شيقة لعالم التطور الأمريكى إجبرت لى يمكن تفسيرها على أنها، فيما يحتمل، هى ما يرشح حقا كمثل للانتخاب على مستوى النوع؛ وذلك رغم أنها قد طرحت قبل أن تصبح عبارة «انتخاب النوع» من الموضة الدارجة. والعالم لى كان يهتم بتلك المشكلةالدائمة، مشكلة تطور السلوك «الإيثارى» عند الأفراد. وقد أدرك على وجه صحيح أنه عندما تتعارض مصالح الأفراد مع مصالح النوع، فإن مصالح الأفراد ـ مصالحهم على المدى القصير ـ يجب أن تسود. ويبدو أنه ما من شئ يستطيع أن يمنع مسيرة الجينات الأنانية. على أن لى يطرح الاقتراح الشيق التالى. فلا بد هناك من وجود بعض جماعات أو أنواع يتفق أن يحدث فيها أن ما هو أفضل بالنسبة للفرد يتطابق إلى حد جد كبير مع ما

(*) نوع من البطاطا. (المترجم).

هو أفضل بالنسبة للنوع. ولا بد من أن هناك أنواعا أخرى حيث يتفق أن يحدث أن مصالح الفرد تختلف بما هو قوى بخاصة عن مصالح النوع. وإذا تساوى ما عدا ذلك من الظروف، يمكن تماما إن يكون النوع الثانى هو النوع الذى يحتمل انقراضه احتمالا أكبر. وإذن فإن شكلا من الانتخاب النوعى يمكن أن يحبّذ لا التضحية الفردية بالنفس، وإنما هو يحبذ تلك الأنواع التى لا «يطلب» فيها من الأفراد التضحية بصالحهم هم أنفسهم. يمكننا إذن أن نرى هنا سلوكا فرديا غير أنانى فى الظاهر وهو يتطور، لأن الانتخاب النوعى قد حبذ تلك الأنواع التى يخدم فيها الاهتمام الفردى بالذات أفضل خدمة بواسطة ما لتلك الأنواع من إيثار للغير فى الظاهر.

ولعل أكبر مثل درامى لصفة وراثية على مستوى النوع حقا هو ما يختص بأسلوب التكاثر؛ الأسلوب الجنسى إزاء اللاجنسى. فوجود التكاثر الجنسى هو لأسباب ليس لدى المكان الكافى للدخول فيها، يطرح على الداروينيين لغزا نظريا كبيرا. ورغم أن ر. أ فيشر هو عادة ممن يعادون أى فكرة للانتخاب على مستويات أعلى من مستوى الكائن الحى الفرد، إلا أنه كان منذ سنوات كثيرة على استعداد لأن يستثنى من ذلك حالة خاصة هى حالة الصفة الجنسية نفسها. فالأنواع التى تتكاثر جنسيا هى حسب محاجته ولأسباب للمرة الثانية لن أدخل فيها (فهى ليست واضحة كما قد يتصور المرء)، قادرة على التطور بسرعة أكبر من الأنواع التى تتكاثر لا جنسيا. فالتطور هو شئ تقوم به هنا الأنواع، وليس شيئا يقوم به أفراد الكائنات الحية: فأنت لا تستطيع أن تتكلم هنا عن الكائن الواحد الحى على أنه يتطور. وفيشر يقترح إذن الانتخاب على مستوى النوع مسئول جزئيا عن حقيقة أن التكاثر الجنسى هو أمر شائع جدا بين الحيوانات الحديثة. ولكن حتى إذا كان الأمر هكذا، فإننا نتعامل هنا مع حالة من الانتخاب بخطوة واحدة، وليس من الانتخاب التراكمى.

والأنواع اللاجنسية عندما توجد، تتجه إلى الانقراض حسب هذه المحاجة، لأنها لا تتطور بالسرعة الكافية لمجاراة البيئة المتغيرة. أما الأنواع الجنسية فتنزع لألا تنقرض لأنها تستطيع التطور بالسرعة الكافية لمجاراة ذلك. وهكذا فإن ما نراه من حولنا هو فى غالبه أنواع جنسية. على أن «التطور» الذى تتباين سرعته ما بين النظامين، هو بالطبع تطور داروينى

عادى بالانتخاب التراكمى على المستوى الفردى. أما الانتخاب النوعى فهو بما هو عليه، انتخاب بسيط بالخطوة الواحدة، يختار فحسب ما بين صفتين، اللاجنسية إزاء الجنسية، التطور البطئ إزاء التطور السريع. فى حين أن نظام الماكينات الجنسى بما فيه من الأعضاء الجنسية، والسلوك الجنسى، ونظام الماكينات الخلوى لانقسام الخلية جنسيا، كل هذا هو ولا بد قد تم تجميعه معا بواسطة انتخاب تراكمى من النوع الداروينى التقليدى الذى على المستوى المنخفض، و«ليس» بالانتخاب النوعى. وعلى أى حال، فكما يتفق، فإن الاجماع الحديث هو ضد النظرية القديمة التى تقول بأن الجنسية تكون مدعومة بنوع ما من الانتخاب على مستوى المجموعة أو النوع.

وحتى نختم مناقشة الانتخاب النوعى، فإن هذا الانتخاب يمكنه أن يفسر نمط الأنواع الموجودة فى العالم فى أى وقت بعينه. ويترتب على ذلك أنه يمكنه أيضا أن يفسر تغيير أنماط الأنواع عندما تخلى العصور الجيولوجية الطريق للعصور التالية لها، أى أن يفسر تغيير الأنماط فى سجل الحفريات. ولكنه ليس بالقوة ذات المغزى فى تطور نظام الماكينات المركبة فى الحياة. وأقصى ما يمكن أن يقوم به.هو أن يختار من بين شتى نظم الماكينات المركبة البديلة، مع فرض أن هذه النظم المركبة قد سبق وتم تجميعها معا بواسطة الانتخاب الداروينى الحق. وكما قد بينت من قبل، فإن الانتخاب النوعى هو مما قد يحدث، ولكنه لا يبدو وكأنه «يفعل» الشئ الكثير! والآن هيا لأعود إلى موضوع علم التصنيف ومناهجه.

قد قلت أن التصنيف التفرعى له ميزة على نماذج تصنيف أمناء المكاتب، وهى أن هناك نمطا حقيقيا فريدا من تداخل الطبقات فى الطبيعة، فى انتظار لأن يتم اكتشافه. وكل ما علينا فعله هو أن ننمى المناهج لاكتشافه. ولسوء الحظ فإن هناك صعوبات عملية فى ذلك. وأكثر العفاريت إثارة لقلق عالم التصنيف هو عفريت الالتقاء التطورى. وهذه ظاهرة يبلغ من أهميتها أنى قد خصصت لها من قبل نصف فصل. وقد رأينا فى الفصل الرابع كيف أنه يتم العثور المرة تلو الأخرى على حيوانات تشبه الحيوانات التى فى أجزاء أخرى من العالم وعلى غير صلة قرابة، لأن لها طرقا متماثلة للعيش. فالنمل الجيش بالعالم الجديد يشبه النمل السائق فى العالم القديم. وقد تطورت تشابهات خارقة بين الأسماك الكهربية فى أفريقيا وأمريكا الجنوبية، وهى أسماك لا توجد بالمرة أى صلة قرابة

بينها؛ وتشابهات بين الذئاب الحقيقية و«ذئب» تسمانيا الكيسى الثيلاكينوس. وفى كل هذه الحالات أكدت ببساطة بدون تبرير أن هذه التشابهات متلاقية فى نوعها: أى أنها قد تطورت مستقلة فى حيوانات على غير صلة قرابة. ولكن كيف نعرف أنها على غير صلة قرابة؟ لو كان علماء التصنيف يستخدمون التشابهات لقياس وثوق قرابة أبناء العم، فلماذا لم تخدعهم هذه التشابهات الوثيقة الخارقة التى يبدو أنها توحد بين هذه الأزواج من الحيوانات؟ أو لنلوى السؤال ليلتف فى شكل أكثر إقلاقا، فنسأل، عندما يخبرنا علماء التصنيف أن حيوانين ـ الأرنب والخزر مثلا ـ هما حقا وثيقى القرابة، كيف لنا أن نعرف أن علماء التصنيف هنا ليسوا مخدوعين بتلاقى هائل؟

إن هذا سؤال يثير القلق حقا، لأن تاريخ علم التصنيف مفعم بحالات يعلن فيها علماء التصنيف اللاحقون أن سابقيهم كانوا مخطئين لهذا السبب بالضبط. وقد رأينا فى الفصل الرابع أن عالم تصنيف أرجنتينى قد أعلن أن حيوانات الليتوبترن هى السلف للخيل الحقيقية، بينما يُعتقد الآن أنها متلاقية مع الخيل الحقيقية. وقد اُعتقد لزمن طويل أن الشيهم الأفريقى على صلة قرابة وثيقة بالشيهم الأمريكى، ولكن الاعتقاد الآن هو أن المجموعتين قد طورتا فراءيهما الشوكى كل على نحو مستقل. والأشواك هى فيما يفترض، مفيدة لكليهما لأسباب متماثلة فى القارتين. من الذى يستطيع أن يقول أن علماء التصنيف لن يغيروا رأيهم فى المستقبل مرة أخرى؟ أى ثقة يمكن أن نضعها فى علم التصنيف إذا كان التلاقى فى التطور مزيِّف قوى هكذا لأوجه تشابه خادعة؟ السبب الرئيسى فى أنى شخصيا أحس بالتفاؤل هو ما تم ظهوره على المسرح من تكنيكات جديدة قوية تتأسس على البيولوجيا الجزيئية.

وحتى نستعيد ما سبق ذكره فى فصول سابقة، فإن كل الحيوانات والنباتات والبكتريا مهما بدا من اختلاف إحداها عن الأخرى ، إلا أننا نجد أنها متجانسة على نحو مدهش عندما نهبط إلى صميم الأساسيات الجزيئية. وأكثر صورة درامية نرى فيها ذلك هى فى الشفرة الوراثية نفسها. إن القاموس الوراثى لديه ٦٤ كلمة من كلمات د ن أ، كل منها من ثلاثة أحرف. وكل كلمة من هذه الكلمات لها ترجمة دقيقة فى لغة البروتين (إما أنها حامض أمينى معين أو علامة ترقيم) . وهذه اللغة تبدو تعسفية بنفس المعنى الذى تكون

اللغة البشرية به تعسفية (فمثلا ليس من شئ جبلّى فى مسمع كلمة «منزل» يوحى للسامع بأى خاصة من الإسكان) . وبهذا الغرض، فإن من الحقائق ذات الدلالة العظيمة أن كل شئ حى، مهما يحتمل أن تكون طريقة اختلافه عن الآخرين فى المظهر الخارجى، إلا أنه على مستوى الجينات يتكلم بما يكاد يكون بالضبط نفس اللغة. فالشفرة الجينية شفرة عامة. وأنا أعد هذا بمثابة دليل قاطع تقريبا على أن كل الكائنات الحية تنحدر من جد مشترك واحد. ونسبة احتمال أن ينشأ نفس القاموس من «المعانى» التعسفية مرتين تكاد تكون نسبة صغيرة بما لا يمكن تصوره. وكما رأينا فى الفصل السادس، فربما كان هناك ذات مرة كائنات حية أخرى قد استخدمت لغة وراثية مختلفة، ولكنها لم تعد بعد موجودة معنا. وكل الكائنات الحية الباقية قد انحدرت من جد واحد قد ورثت منه قاموسا وراثيا، هو وإن كان تعسفيا إلا أنه يكاد يكون متطابقا، فهو متطابق بما يكاد يكون كل كلمة فيه من كلمات د ن أ الأربع والستين.

فكر فحسب فى تأثير هذه الحقيقة على علم التصنيف. وقبل عصر البيولوجيا الجزيئية لم يكن علماء الحيوان يستطيعون التأكد من علاقة أبناء العمومة إلا بين الحيوانات التى تشترك فى عدد كبير جدا من القسمات التشريحية. وفجأة فتحت البيولوجيا الجزيئية صندوق كنز جديد من المتشابهات لتضيف إلى القائمة الهزيلة التى قدمها علم التشريح والأجنة. والتطابقات الأربعة والستين (فكلمة التشابهات أضعف مما ينبغى) فى القاموس الوراثى المشترك هى مجرد بداية. إن علم التصنيف قد أصابه التحول. وما كان ذات مرة مجرد تخمينات غامضة عن قرابة أبناء العمومة أصبح أمورا شبه يقينية إحصائيا.

والقاموس الوراثى بما يكاد يكتمل فيه من اتصافه بالعمومية كلمة بكلمة، هو بالنسبة لعالم التصنيف أكثر من أن يكون مجرد شئ طيب. وهو إذ يخبرنا بأن كل الأشياء الحية هى أبناء عمومة، فإنه لا يستطيع إخبارنا بأى أزواج تكون أقرب فى صلة أبناء العمومة من الأخرى. على أن ثمة معلومات جزيئية أخرى تستطيع ذلك، لأننا هنا نجد درجات متنوعة من المشابهة بدلا من التطابق الكامل. ولنتذكر أن نتاج نظام ماكينات الترجمة الوراثية هو جزيئات البروتين. وكل جزئ بروتين هو جملة، سلسلة من كلمات الأحماض الأمينية من القاموس. ويمكننا قراءة هذه الجمل، إما فى شكلها المترجم البروتينى أو فى شكلها

الأصلى من حامض د ن أ. ورغم أن كل الأشياء الحية تشارك فى نفس القاموس، إلا أنها لا تصنع الجمل نفسها من قاموسها المشترك. وهذا يقدم لنا الفرصة لاكتشاف الدرجات المختلفة من قرابة أبناء العمومة. ورغم أن الجمل البروتينية تختلف فى التفاصيل، إلا أنها كثيرا ما تتماثل فى النمط العام. وبالنسبة لأى زوج من الكائنات الحية، يمكننا دائما أن نجد جملا على درجة من التماثل تكفى لأن تجعلها بصورة واضحة نسخا من نفس الجملة السلفية هى «محرفة» تحريفا بسيطا. وقد رأينا هذا من قبل فى مثل الاختلافات البسيطة بين تتابعات الهستون فى البقر والبازلاء.

وعلماء التصنيف يستطيعون الآن مقارنة الجمل الجزيئية تماما مثلما قد يقارنون الجماجم أو عظام السيقان. ويمكن افتراض أن الجمل ذات التشابه الوثيق من البروتين أو د ن أ هى جمل قد أتت من أبناء عمومة وثيقى القرابة؛ وأن الجمل الأكثر اختلافا قد أتت من أبناء عمومة أبعد قرابة. وهذه الجمل قد تكونت كلها من القاموس العام الذى ليس فيه أكثر من ٦٤ كلمة. ووجه الجمال فى البيولوجيا الجزيئية الحديثة هو أننا نستطيع أن نقيس بالضبط الفارق بين حيوانين، وذلك بالعدد المضبوط من الكلمات الذى تختلف به نسختيهما من جملة معينة. وبلغة الفضاء الفائق الوراثى فى الفصل الثالث، فإننا نستطيع أن نقيس بالضبط عدد الخطوات التى تفصل أحد الحيوانات عن الآخر، على الأقل فيما يتعلق بجزئ بروتينى بعينه.

ومن المزايا الإضافية لاستخدام التتابعات الجزيئية فى علم التصنيف أن معظم التغير التطورى الذى يجرى على مستوى الجزئ يتصف بأنه «محايد»، وذلك حسب إحدى المدارس الوراثية ذات النفوذ الكبير، وهى مدرسة «المحايدون» (وسوف نلتقى بهم فى الفصل القادم). ويعنى هذا أنه لا يرجع إلى الانتخاب الطبيعى، وإنما هو فعلا عشوائى، وبالتالى فإنه فيما عدا ما يكون بسبب حظ عاثر عارض، لن يكون لعفريت التلاقى وجود هنا ليضلل عالم التصنيف. ومن الحقائق المتعلقة بذلك، كما رأينا من قبل، أن أى نوع من جزئ بعينه يتطور بما يبدو كمعدل سرعة شبه ثابتة، فى مجموعات حيوانات تختلف اختلافا واسعا. ويعنى هذا أن عدد الاختلافات بين ما يمكن مقارنته من الجزيئات فى

حيوانين، كما مثلا بين السيتوكروم(*) البشرى وسيتوكروم الخنزير البرى، هو مقياس جيد للوقت الذى مضى منذ عاش جدهم المشترك. فلدينا هنا «ساعة جزيئية» دقيقة إلى حد كبير. والساعة الجزيئية تسمح لنا بأن نقدر، لا فحسب أى أزواج الحيوانات يكون لها أحدث أجداد مشتركة، وإنما أن نقدر أيضا على وجه التقريب «متى» عاش أولئك الأجداد المشتركين.

ولعل القارئ عند هذه النقطة قد أصيب بالحيرة، بما يوجد من عدم الاتساق ظاهريا. فهذا الكتاب كله يشدد على الأهمية الطاغية للانتخاب الطبيعي. كيف يسعنا الآن أن نشدد على عشوائية التغير التطورى على مستوى الجزئ؟ وفى استباق لما فى الفصل الحادى عشر، أقول أنه ما من وجه نزاع حقا فيما يتعلق بتطور التكيفات، التى هى الموضوع الأساسى لهذا الكتاب. وحتى أشد المحايدين حماسا لن يعتقد أن الأعضاء العاملة المركّبة مثل الأعين والأيدى قد تطورت باندفاع عشوائى. وكل بيولوجى عاقل يوافق على أن هذه الأعضاء لا يمكن أن تكون قد تطورت إلا بالانتخاب الطبيعي. والأمر فحسب أن المحايدين يعتقدون ـ بحق فيما أرى ـ أن هذه التكيفات هى طرف القمة من جبل ثلج عائم: ومن المحتمل أن أغلب التغير التطورى، عند النظر إليه على المستوى الجزيئ، هو تغير غير وظيفى.

وطالما ظلت الساعة الجزيئية حقيقة ـ ويبدو بالفعل أن كل نوع من الجزيئات يتغير بما يقارب أن يكون معدل سرعة مميزة خاصة به لكل مليون سنة ـ فإننا نستطيع استخدامها لتوقيت نقط التفرع فى شجرة التطور. وإذا كان من الحقيقة الواقعة أن معظم التغير التطورى على مستوى الجزئ هو تغير محايد، فإن فى هذا هدية مدهشة لعالم التصنيف. فهو يعنى أن مشكلة التلاقى هى مما يمكن كسحه بعيدا بسلاح الاحصائيات. وكل حيوان يمتلك كتبا هائلة من النص الوراثى مكتوبة فى خلاياه، نص أغلبه حسب النظرية المحايدة لا شأن له بتكييف الحيوان لأسلوبه المعين فى الحياة؛ نص لا يمسه الانتخاب إلى حد كبير، كما أنه إلى حد كبير ليس عرضة للتطور المتلاقى إلا كنتيجة لصدفة خالصة. والاحتمال بأن قطعتين كبيرتين من نص محايد انتخابيا يمكن أن تشبه إحداهما الأخرى عن طريق الحظ، هو احتمال يمكن حسابه، وهو فى الحقيقة احتمال صغير جدا. بل وأفضل من

(*) مركب عضوى حلقى يحوى أيونات معدنية وله وظيفة هامة فى عمليات الأكسدة والاختزال فى الأجساد الحية. (المترجم).

ذلك أن معدل السرعة الثابت للتطور الجزيئى يسمح لنا فعلا بأن «نوقّت» نقط التفرع فى التاريخ التطورى.

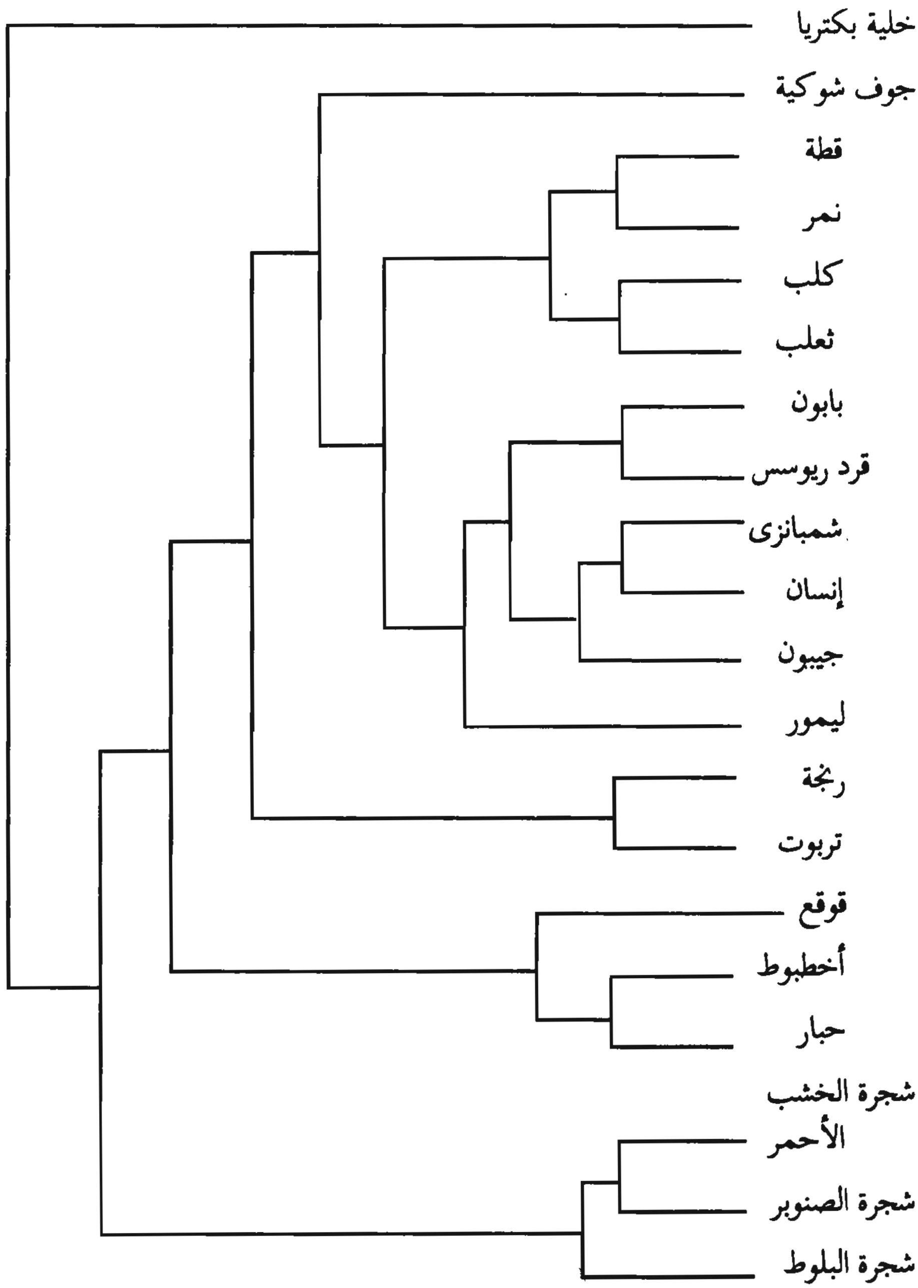
ومن الصعب أن يكون ثمة مبالغة لما أحدثته التكنيكات الجديدة لقراءة التتابع الجزيئى من إضافة قوة بالغة إلى ذخيرة عالِم التصنيف. وبالطبع فإنه لم يتم بعد حتى الآن حل شفرة كل الجمل الجزيئية فى كل الحيوانات، ولكن فى استطاعة الواحد بالفعل أن يسير إلى داخل المكتبة ويبحث صياغة العبارات بالضبط كلمة بلكمة وحرفا بحرف، وليكن ذلك مثلا فى جمل هيموجلوبين ألفا عند الكلب، والكنغر، وآكل النمل ذى الأشواك، والدجاجة، والأفعى، وسمندل الماء، وسمك المبروك، والإنسان. والهيموجلوبين ليس موجودا عند كل الحيوانات، وإنما هناك بروتينات أخرى، كالهستونات مثلا، توجد نسخة منها فى كل حيوان ونبات، ومرة أخرى فإن الكثير منها يمكن بالفعل البحث عنه فى المكتبة. وليست هذه مقاسات غامضة من نوع قياس طول الساق أو اتساع الجمجمة مما قد يتغير حسب عمر العينة وعافيتها، أو حتى حسب قوة إبصار من يقوم بالقياس. وإنما هى بالضبط نسخ بديلة لصياغة كلمات لنفس الجملة بنفس اللغة، يمكن وضعها جنبا إلى جنب ومقارنة إحداها بالأخرى بمثل الدقة والضبط اللذين قد يقارن بهما عالم الإغريقية المدقق مخطوطين لنفس الانجيل. وتتابعات دن أ هى وثائق انجيل الحياة كلها، وقد تعلمنا حل شفرتها.

والفرض الأساسى عند علماء التصنيف هو أن أبناء العمومة الوثيقة يكون لديهم نسخ من جملة جزيئية معينة تتماثل تماثلا أكثر مما عند أبناء العمومة الأبعد قرابة. ويسمى هذا «مبدأ التقتير» Parsimony Principle. والتقتير هو تسمية أخرى للبخل الاقتصادى. وبفرض أننا قد عرفنا الجمل التى عند مجموعة من الحيوانات، ولنقل مثلا أنها الحيوانات الثمانية المذكورة فى الفقرة السابقة، فإن مهمتنا تكون أن نكتشف أيا من كل الأشكال الشجرية المحتملة التى تربط الحيوانات الثمانية هو الشكل الأكثر تقتيرا. والشجرة الأكثر تقتيرا هى «الأبخل اقتصاديا» فى افتراضاتها، بمعنى أنها تفترض أقل عدد من تغيرات الكلمات فى التطور، وأقل قدر من التلاقى. ويحق لنا أن نفترض القدر الأقل من التلاقى على أساس من محض قلة الاحتمال. فمن غير المحتمل، خاصة إذا كان الكثير من التطور الجزيئى محايدا، أن حيوانين على غير علاقة قرابة سوف يقعان بالضبط على نفس التتالى، كلمة بكلمة، وحرفا بحرف.

وثمة مصاعب حسابية عند محاولة النظر فى كل الأشجار المحتملة. وعندما يكون هناك ثلاثة حيوانات فحسب للتصنيف، فإن عدد الأشجار المحتملة هو ثلاث فقط: أ متحد مع ب مع إقصاء ج، وأ مع ج مع إقصاء ب، وب مع ج مع إقصاء أ. ويمكنك القيام بنفس الحساب عندما تصنّف أعداد أكبر من الحيوانات، وستكون زيادة عدد الأشجار المحتملة هى زيادة حادة. فعندما يُنظر فحسب فى أمر أربعة حيوانات، يكون العدد الكلى للأشجار المحتملة لقرابة أبناء العمومة لا يزال مما يمكن تناوله، إذ أنه يصل إلى ١٥ فحسب. ولن يستغرق الكمبيوتر زمنا طويلا ليحسب أى من الأشجار الخمس عشرة هى الأكثر تقتيرا. ولكن عندما ينظر فى أمر عشرين حيوان فأحسب أن عدد الأشجار المحتملة يكون ٨,٢٠٠,٧٩٤,٥٣٢,٦٣٧,٨٩١,٥٥٩,٣٧٥ (انظر شكل/٩). وحسب ما تم حسابه فإن أسرع كمبيوتر فى زماننا سيستغرق ١٠,٠٠٠ مليون سنه، أو ما يقرب من عمر الكون، ليكتشف أكثر الأشجار تقتيرا لعشرين حيوانا لا يزيد. وعلماء التصنيف غالبا يريدون تكوين شجرة لما يزيد عن عشرين حيوان.

ورغم أن علماء التصنيف الجزيئ كانوا أول من احتفى بالأمر، إلا أن مشكلة الأرقام المتفجرة هذه تظل فى الواقع كامنة طول الوقت فى علم التصنيف الجزيئ. وعلماء التصنيف اللاجزيئ قد تجنبوها ببساطة بأن قاموا ببعض التخمينات بالحدس. فمن بين كل أشجار العائلة المحتملة التى يمكن تجربتها ثمة عدد هائل من الأشجار يمكن استبعاده فى التو ـ كما مثلا بالنسبة لكل تلك الملايين من أشجار العائلة التى يمكن تصورها والتى تضع البشر كأقرباء لدود الأرض أكثر من قرابتهم للشمبانزى. فعلماء التصنيف لايشغلون أنفسهم ولا حتى بالنظر فى أمر أشجار قرابة كهذه واضحة السخف هكذا، ولكنهم بدلا من ذلك يرسون على تلك الأشجار القليلة نسبيا التى لا تنتهك انتهاكا صارخا تصوراتهم المسبقة. ولعل هذا أمر فيه إنصاف، وإن كان هناك دائما مخاطرة فى أن تكون الشجرة الأكثر تقتيرا بحق هى واحدة من تلك الأشجار التى أقصيت بعيدا دون اعتبار لأمرها. وأجهزة الكمبيوتر أيضا يمكن برمجتها لتتخذ طرقا مختصرة، بحيث يمكن اختزال الأعداد الكبيرة المتفجرة اختزالا رحيما.

والمعلومات الجزيئية يبلغ من ثرائها أننا نستطيع أن نعيد صنع تصنيفنا المرة بعد الأخرى للبروتينات المختلفة لكل واحد منها على حدة. ونستطيع أن نستخدم استنتاجاتنا التى وصلنا إليها من دراسة أحد الجزيئات، للتحقق من استنتاجاتنا التى وصلنا إليها من دراسة



شكل (٩) شجرة العائلة هذه صحيحة وهناك عدد من ٨,٢٠٠,٧٩٤,٥٣٢,٦٣٧,٨٩١,٥٥٩,٣٧٤ لطرق أخرى لتصنيف هذه الكائنات الحية العشرين، وكلها خطأ

جزئ آخر. وإذا كنا قلقين من أن تكون القصة التى يحكيها لنا أحد جزيئات البروتين هى حقا قد اختلط أمرها بسبب التلاقى، ففى وسعنا فى التو التحقق من أمرها بالنظر إلى جزئ بروتينى آخر. فالتطور المتلاقى هو حقا نوع خاص من اتفاق عارض. والأمر فيما يختص بماهية الاتفاقات هو أنها حتى لو حدثت مرة، فإن احتمال وقوعها مرتين هو احتمال أقل بكثير جدا. ووقوعها ثلاث مرات هو حتى أقل احتمالا من ذلك. وبالنظر فى المزيد والمزيد من الجزيئات المنفصلة من البروتينات، سيمكننا تماما استبعاد الاتفاق العارض.

وكمثل فقد تم فى إحدى الدراسات التى قامت بها جماعة من البيولوجيين النيوزلنديين تصنيف أحد عشر حيوان، لا مرة واحدة وإنما خمس مرات على نحو مستقل باستخدام خمسة جزيئات مختلفة من البروتين. وكانت الحيوانات الأحد عشر هى الخروف، وقرد الريوسس، والحصان، والكنغر، والجرذ، والأرنب، والكلب، والخنزير، والإنسان، والبقرة، والشمبانزى. وكانت الفكرة فى أول الأمر هى بناء شجرة القرابة لعلاقة بين الأحد عشر حيوان باستخدام بروتين واحد. ثم أن ترى بعدها أذا كنت ستحصل على «نفس» الشجرة باستخدام بروتين آخر. ثم تفعل نفس الشئ مع بروتين ثالث ورابع وخامس. ونظريا فإنه لو كان التطور مثلا غير حقيقى، فإن من الممكن لكل من البروتينات الخمسة أن يعطى شجرة «علاقات قرابة» مختلفة بالكامل.

وكانت تتاليات البروتينات الخمس كلها متاحة للبحث عنها فى المكتبة، بالنسبة لكل الأحد عشر حيوان. ويوجد بالنسبة للأحد عشر حيوان عدد ٦٥٤,٧٢٩,٠٧٥ من الأشجار المحتملة لعلاقات القرابة، ينظر فى أمرها. وكان لا بد من استخدام الطرق المعتادة لاختصار الطريق. وقد أخرج الكمبيوتر لكل واحد من جزيئات البروتين الخمسة الطبعة الأكثر تقتيرا لشجرة علاقات القرابة. وهذا يعطى خمس تخمينات مستقلة هى أفضل التخمينات عن الشجرة الحقيقية لعلاقات القرابة بين هذه الحيوانات الأحد عشر. وأدق نتيجة يمكن أن نأملها هى أن تكون كل الشجرات الخمس التقديرية متطابقة. واحتمال الحصول على هذه النتيجة بمحض الحظ هو حقا احتمال صغير جدا: ورقم ذلك له ٣١ صفرا قبل العلامة العشرية. وينبغى ألا ندهش إذا فشلنا فى الحصول على تطابق كامل

جدا هكذا: فيجب أن نتوقع قدرا معينا من التطور المتلاقى والاتفاق العارض. على أننا ينبغى أن نشعر بالقلق إذا لم يكن هناك قدر جوهرى من التطابق بين الأشجار المختلفة. والحقيقة أنه قد ثبت فى النهاية أن الأشجار الخمس ليست متطابقة تماما، ولكنها متشابهة جدا. فالجزيئات الخمس كلها تتطابق فى وضع الانسان والشمبانزى والقرد متقاربة أحدها من الآخر، ولكن ثمة بعض اختلافات عن الحيوان التالى قربا لهذه المجموعة: فهيموجلوبين ب يقول أن هذا الحيوان هو الكلب، وفيبرينو ببتيد ب يقول أنه الجرذ؛ بينما يقول فيبرينو ببتيد أ أن المجموعة المكونة من الجرذ والأرنب هى التالية؛ ويقول هيموجلوبين أ أن المجموعة المكونة من الجرذ والأرنب والكلب هى التالية.

ومن المؤكد أن لدينا جدا مشتركا مع الكلب، وهناك جد أكيد آخر مشترك مع الجرذ. وهذان الجدّان قد وجدا فعلا فى لحظة معينة من التاريخ. وأحدهما يجب أن يكون أحدث من الآخر، وهكذا فإنه إما أن يكون هيموجلوبين ب أو فيبرينو ببتيد ب هو المخطئ فى تقديره لعلاقات القرابة التطورية. ويجب ألا تزعجنا مثل هذه التعارضات الضئيلة كما سبق لى أن قلت. فنحن نتوقع قدرا معينا من التلاقى والاتفاق العارض. وإذاكنا حقا أقرب للكلب فهذا إذن يعنى أننا والجرذ قد تلاقينا أحدنا بالآخر فيما يتعلق بما لدينا من فيبرينو ببتيد ب.وإذاكنا حقا أقرب للجرذ، فإن هذا يعنى أننا والكلب قد تلاقينا أحدنا بالآخر فيما يتعلق بما لدينا من هيوجلوبين ب. ويمكن أن نصل إلى فكرة عن أى هذين الأمرين هو الأكثر احتمالا، بأن ننظر أيضا أمر جزيئات أخرى. ولكنى لن أتابع ذلك: فالنقطة الأساسية قد أصبحت واضحة.

سبق أن قلت أن علم التصنيف هو واحد من أكثر مجالات البيولوجيا إثارة لاعتلال المزاج والحنق. وقد وصف ستيفن جولد خصائصه وصفا جيداً بعبارة تقول أنه «أسماء وقذارات». ويبدو أن علماء التصنيف يتحمسون لمدارسهم الفكرية، بطريقة قد نتوقعها فى علم السياسة أو الاقتصاد، ولكننا لا نتوقعها عادة فى العلم الأكاديمى. ومن الواضح أن الأعضاء فى المدرسة المعينة من الفكر التصنيفى يتصورون أنفسهم كعصبة إخوان محاصرين مثل المسيحيين الأوائل. وقد تبينت ذلك أول مرة عندما حدثنى أحد معارفى من علماء

التصنيف وقد أبيض وجهه فرقا بما يذكره من «أخبار» عن أن أحدهم (والأسماء لا تهم هنا) قد «غير مذهبه» إلى مذهب التفرعيين.

وفيما يلى سرد موجز لمدارس الفكر التصنيفى يحتمل أنه مما قد يزعج بعض أعضاء تلك المدارس، ولكن لن يكون ذلك بأكثر مما اعتادوا به أن يثير أحدهم حنق الآخر، وهكذا فلن يحل بأحد ضرر لا يليق. وعلماء التصنيف بلغة من فلسفتهم الأساسية يقعون فى معسكرين رئيسيين. ففى أحد الحانبين هناك أولئك الذين لا يجدون حرجا من أن حقيقة هدفهم هو صراحة الكشف عن علاقات قرابة تطورية. وبالنسبة لهم (ولى أنا) فإن شجرة التصنيف الجيدة «هى» شجرة عائلة من علاقات قرابة تطورية. وأنت عندما تزاول التصنيف هنا فإنك تستخدم كل المناهج التى فى متناولك حتى تصل إلى أفضل تخمين تستطيعه بشأن وثوق قرابة أبناء العمومة من الحيوانات أحدهم بالآخر. ومن الصعب أن تجد اسما لهؤلاء التصنيفيين لأن الإسم الواضح وهو «التصنيفيون التطوريون» قد أغتُصب لمدرسة فرعية بعينها. وهم أحيانا يسمون «النسّابون» Phyleticists. وأنا قد كتبت هذا الفصل حتى الآن بوجهة نظر النسابين.

على أن ثمة علماء تصنيف كثيرين يتخذون طريقا مختلفا، ولأسباب معقولة تماما. ورغم أنهم فيما يحتمل يوافقون على أن أحد الأهداف النهائية لمزاولة التصنيف هى الوصول الى اكتشافات بشأن علاقات القرابة التطورية، إلا أنهم يصرون على إبقاء «ممارسة» علم التصنيف منفصلة عن النظرية التى بشأن ما الذى يؤدى إلى نمط المشابهات ـ وهى فيما يفترض النظرية التطورية. فهؤلاء التصنيفيون يدرسون أنماط التشابهات فى حد ذاتها. وهم لا يصدرون حكما مسبقا بشأن قضية ما إذا كان نمط التشابهات ناجما عن تاريخ تطورى وما إذا كانت المشابهة الوثيقة ترجع إلى قرابة أبناء العمومة وثيقا. وهم يفضلون تشكيل علمهم التصبنيفى باستخدام نمط المشابهة وحده.

وإحدى مزايا أن تفعل ذلك هى أنك لو كان لديك أى شكوك حول حقيقة التطور، فإنك تستطيع استخدام نمط المشابهات لاختبار ذلك. فإذا كان التطور حقيقيا، فإن التشابهات بين الحيوانات ينبغى أن تتبع أنماطا معينة يمكن التنبؤ بها، خاصة نمط التداخل

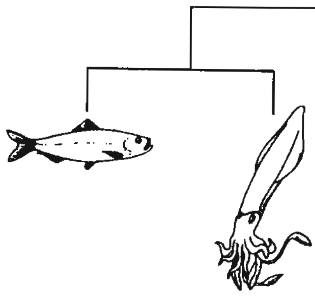
الطبقى. ولو كان التطور زائفا، فليس من يعلم «ماهية» النمط الذى ينبغى توقعه، ولكن ما من سبب واضح لأن نتوقع عندها نمط طبقات متداخلة.ولو أنك كنت تفترض وجود التطور خلال كل «ممارستك» للتصنيف، فإن هذه المدرسة تصر على أنك حينذاك لن تستطيع أن تستخدم نتائج عملك التصنيفى لدعم صدق التطور: وستدور المحاجة هكذا فى حلقة مفرغة. ويكون لهذه المحاجة قوتها عندما يشك أى فرد جديا فى حقيقة التطور. ومرة أخرى فإن من الصعب إيجاد الإسم الملائم لهذه المدرسة الثانية من الفكر عند التصنيفيين. وسوف أدعوهم «قياسو المشابهة الخالصة».

والنسابون، أى علماء التصنيف الذين يحاولون صراحة الكشف عن علاقات قرابة تطورية، ينقسمون بعدها إلى مدرستين للفكر. وهاتان هما مدرسة التفرعيين الذين يتبعون المبادئ التى وضعت فى كتاب ويلى هننج المشهور «أنسقة النسب الوراثية»، ومدرسة التصنيفيين التطوريين «التقليديين». أما التفرعيون فتستبد بهم الأفرع. وبالنسبة لهم فإن هدف علم التصنيف هو اكتشاف النظام الذى تنشطر السلالات بواسطته إحداها عن الأخرى فى الزمان التطورى. وهم لا يبالون بقدر تغير هذه السلالات تغيرا كثيرا أو قليلا إبتداءا من نقطة التفرع. و«التقليديون» (و «لا» نفكر فى هذا الإسم على أن فيه انتقاص لقدرهم) من التصنيفيين التطوريين يختلفون أساسا عن التفرعيين فى أنهم لا ينظرون فحسب فى أمر النوع التفرعى من التطور،وإنما هم أيضا يهتمون بحساب الكم الكلى للتغير الذى يحدث أثناء التطور، وليس بالتفرع فقط.

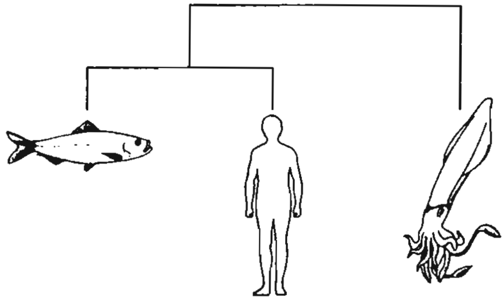
أما التفرعيون فيفكرون بلغة من أشجار متفرعة، ما إن يستهلون عملهم مباشرة. وهم على نحو مثالى يبدأون بأن يسجلوا كتابة كل الأشجار المتفرعة المحتملة للحيوانات التى بين أيديهم (أشجار تتفرع ثنائيا فقط، لأن هناك حدودا لصبر أى فرد!). وكما رأينا ونحن نناقش علم التصنيف الجزيئ، فإن هذا يصبح أمرا صعبا عندما تحاول تصنيف حيوانات كثيرة، لأن عدد الأشجار المحتملة يصبح كبيرا إلى حد فلكى. ولكن فكما رأينا أيضا، هناك لحسن الحظ طرقا مختصرة وتقريبات مفيدة تعنى أن هذا النوع من علم التصنيف هو مما يمكن تأديته فى التطبيق.

وإذا كنا، جدلا، نحاول تصنيف ثلاثة حيوانات فحسب هى الحبار والرنجة والإنسان، فإن الأشجار الثلاث الوحيدة المحتملة مما يتفرع ثنائيا تكون كالتالى:

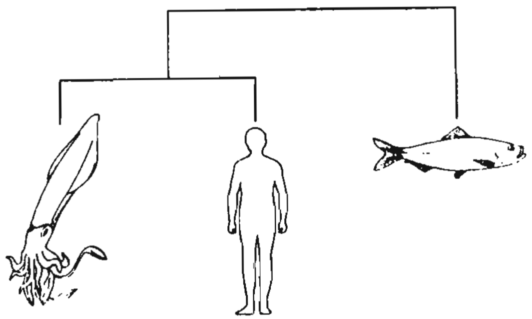
١ـ الحبار والرنجة قريبان لبعضهما، والانسان هو البعيد عن المجموعة



٢ ـ الانسان والرنجة قريبان لبعضهما، والحبار هو البعيد عن المجموعة



٣ ـ الحبار والانسان قريبان لبعضهما، والرنجة هى البعيدة عن المجموعة



والتفرعيون سينظرون إلى الأشجار الثلاث المحتملة كل فى دورها، ويختارون أفضل شجرة. كيف يمكن التعرف على أفضل شجرة؟ إنها أساسا الشجرة التى توحد بين الحيوانات التى يكون لها أكثر ملامح مشتركة. ونحن نضع عنوان «بعيدا عن المجموعة» للحيوان الذى يكون له أقل ملامح مشتركة مع الحيوانين الآخرين. والشجرة المفضلة بين قائمة الأشجار أعلاه هى الشجرة الثانية، لأن الإنسان والرنجة يشتركان فى ملامح مشتركة أحدهما مع الآخر أكثر كثيرا مما يفعل الحبار والرنجة أو الحبار والإنسان. والحبار هو الحيوان البعيد عن المجموعة لأنه ليس لديه ملامح كثيرة مشتركة مع الانسان أو مع الرنجة.

والواقع أن الأمر ليس تماما بهذه البساطة من مجرد عد للملامح المشتركة، ذلك أن هناك بعض الأنواع من الملامح يتم تجاهلها عن عمد. فالتفرعيون يريدون إعطاء ثقل خاص للملامح التى تطورت حديثا. وكمثل فإن الملامح القديمة التى ورثتها كل الثدييات عن أول ثديى تكون غير مفيدة فى صنع التصنيفات من داخل الثدييات. والمناهج التى يستخدمونها حتى يقرروا أى الملامح هى القديمة لهى مناهج تثير الاهتمام، ولكنها ستأخذنا إلى خارج مجال هذا الكتاب. والأمر الأساسى الذى يجب تذكره عند هذه المرحلة هو أن التفرعى، من حيث المبدأ على الأقل، يفكر فى كل ما يحتمل من أشجار تتفرع ثنائيا مما «قد» يضم مجموعة الحيوانات التى يتناول أمرها، ثم يحاول أن يختار

الشجرة الصحيحة الوحيدة. والتفرعى الحق لا يتردد بشأن حقيقة ما يتصوره عن الأشجار المتفرعة أو «رسومات التفرع» بصفتها أشجارا عائلية، أشجار بشأن مدى وثوق قرابة أبناء العمومة تطوريا.

وإذا دفعنا الأمر لأقصاه، فإن الهوس بالتفرعات وحدها قد يؤدى إلى نتائج غريبة. فمن الممكن نظريا بالنسبة لأحد الأنواع أن يكون «متطابقا» فى كل التفاصيل مع أبناء عمومته البعيدة، بينما يختلف أشد الاختلاف عن أبناء عمومته الأقرب. ولنفرض مثلا، أن نوعى السمك المتشابهين جدا، اللذين نستطيع تسميتهما يعقوب وإسّاو، قد عاشا منذ ٣٠٠ مليون سنة. ثم أسس كل من هذين النوعين أسرا من سلالات انحدرت، ودامت حتى يومنا الحالى. أما سلالة إسّاو فهى جامدة. وهى تواصل عيشتها فى أعماق البحار ولكنها لا تتطور. و النتيجة أن السلالة الحديثة لإسّاو هى جوهريا مثل إسّاو نفسها، وبالتالى فإنها أيضا مشابهة جدا ليعقوب. أما السلالات المنحدرة من يعقوب فقد تطورت وتكاثرت، ونتج عنها فى النهاية كل الثدييات الحديثة. ولكن سلالة واحدة من السلالات المنحدرة من يعقوب قد جمدت هى أيضا فى أعماق البحر، وتخلف منها أيضا سلالات حديثة. وهذه السلالات الحديثة يبلغ من شبهها لسلالات إسّاو الحديثة أن تصعب التفرقة فيما بينهما.

والآن كيف نصنف هذه الحيوانات؟ إن التصنيفى التطورى التقليدى سيتعرف على التماثل الكبير بين سلالات أعماق البحر البدائية ليعقوب وإسّاو، وسوف يصنفهما معا. أما التفرعى الصارم فلا يستطيع فعل ذلك. فسلالة يعقوب بأعماق البحر رغم أنها تبدو مشابهة تماما لسلالة إسّاو بأعماق البحر، إلا أنها كأبناء عمومة أقرب إلى الثدييات. فجدها المشترك مع الثدييات عاش فى زمن أكثر حداثة من زمن جدها المشترك مع سلالة إسّاو، حتى ولو كان ذلك أحدث بشئ طفيف فحسب. وإذن فإنها ينبغى أن تصنف هى والثدييات معا. وقد يبدو هذا أمرا غريبا، ولكنى شخصيا أستطيع تلقيه برباطة جأش. فهو على الأقل أمر منطقى وواضح تماما. والحقيقة أن هناك مزايا فى كل من التفرعية

والتصنيف التطورى التقليدى، ولا يهمنى كثيرا كيفية تصنيف الناس للحيوانات ما داموا يخبروننى بوضوح كيف فعلوا ذلك.

هيا نلتفت الآن إلى مدرسة الفكر الكبيرة الأخرى، مدرسة قياسى التشابه الخالص، وهؤلاء أيضا يمكن تقسيمهم إلى مدرستين فرعيتين، كلتاهما تتفقان فى طرد التطور من أفكارهما اليومية أثناء ممارستهما للتصنيف. ولكنهما تختلفان فى طريقة ممارستهما اليومية للتصنيف. وإحدى المدرستين الفرعيتين عند هؤلاء التصنيفيين تدعى أحيانا التشابهيون Pheneticists وتدعى أحيانا «التصنيفيون العدديون» وسوف أدعوهم أنا «قيّاسى متوسط المسافة». والمدرسة الأخرى لقيّاسى المشابهة تسمى نفسها «التفرعيين المتحولين». وهذا اسم بائس، لأن الشئ الوحيد الذى يمكن أن يكونه هؤلاء الناس هو أنهم «ليسوا» بالتفرعيين! وعندما ابتكر جوليان هكسلى مصطلح التفرع، فإنه عرّفه بوضوح ودون غموض بلغة من التفرع التطورى والسلف التطورى. والفرع هو مجموعة كل الكائنات الحية التى تنحدر من جد معين. وحيث أن النقطة الرئيسية عند «التفرعيين المتحولين» هى تجنب أى أفكار من التطور ومن السلف، فإنهم لا يستطيعون بما يعقل أن يسموا أنفسهم تفرعيين. والسبب فى أنهم سموا أنفسهم كذلك هو سبب تاريخى: فقد بدأوا كتفرعيين حقيقيين، وأبقوا على بعض مناهج التفرعيين بعد أن نبذوا فلسفتهم ومنطقهم الأصليين. وإنى لأفترض أن ليس أمامى من خيار إلا أن أدعوهم التفرعيين المتحولين، وإن كنت أفعل ذلك على مضض.

وقيّاسو متوسط المسافة لا يقتصرون على رفض استخدام التطور فى علمهم التصنيفى (وإن كانوا جميعا يؤمنون بالتطور). فهم ثابتون أيضا فى أنهم لا يفترضرن أن نمط المشابهة هو بالضرورة طبقات تتفرع فى بساطة. وهم يحاولون استخدام المناهج التى ستكشف عن النمط الطبقى إن كان حقا له وجوده، ولكنها لن تكشف عنه إن كان لا وجود له. فهم يحاولون أن يسألوا «الطبيعة» حتى تخبرهم عما إذا كانت حقا منظمة فى طبقات. وليست هذه بالمهمة السهلة، ولعل من الإنصاف القول بأنه ما من مناهج متاحة حقا لإنجاز هذا

الهدف. ومع كل فإنه فيما يبدو لى هدف من نوع جدير بالثناء من حيث تجنبه للأفكار المسبقة. ومناهجهم كثيرا ما يغلب عليها أن تكون معقدة ورياضية، وهى تلائم تصنيف الأشياء غير الحية، كالصخور مثلا أو الأطلال الأثرية، تماما مثلما تلائم تصنيف الكائنات الحية.

وهم يبدأون عادة بقياس كل شئ يستطيعون قياسه فى حيواناتهم. وينبغى أن تكون على قدر من البراعة فى كيفية تفسير هذه المقاسات، ولكنى لن أدخل فى ذلك. والنتيجة النهائية هى أن المقاييس كلها تجمع معا لتنتج مؤشرا index للمشابهة (أو ما هوعكس ذلك أى مؤشرا للاختلاف) بين كل حيوان هو والحيوان الآخر. ولو شئت فإنك تستطيع فى الواقع تصور الحيوانات كسحب من نقط فى الفضاء. فالجرذان والفئران والهمستر.. الخ. ستكون موجودة كلها فى جزء واحد من الفضاء. وبعيدا جدا ستكون هناك سحابة أخرى صغيرة فى جزء آخر من الفضاء، تتكون من الأسود والنمور والفهود والشيتا.. الخ. والمسافة بين أى نقطتين فى الفضاء هى مقياس لمدى قرب تشابه الحيوانين أحدهما للآخر، عندما يُجمع معا عدد كبير من صفاتهما. والمسافة بين الأسد والنمر صغيرة. وكذلك أيضا المسافة بين الجرذ والفأر. ولكن المسافة كبيرة بين الجرذ والنمر، أو بين الفأر والأسد. وتجميع الصفات معا يتم عادة بمساعدة الكمبيوتر. والفضاء الذى تقبع فيه هذه الحيوانات هو سطحيا يشبه نوعا أرض البيومورف، ولكن «المسافات» تعكس تشابهات جسدية بدلا من التشابهات الوراثية.

وإذ يحسب الكمبيوتر مؤشر متوسط المشابهة أو (المسافة) بين كل حيوان هو والحيوان الآخر، فإن الكمبيوتر بعدها يُبرمَج لمسح مجموعة المسافات / المشابهات ولمحاولة وضعها فى نمط التجمع الطبقى الملائم. ولسوء الحظ فإن هناك الكثير من الخلاف بشأن منهج الحساب الذى ينبغى استخدامه بالضبط بحثا عن التجمعات. ولايوجد بصورة واضحة منهج صنحيح واحد، ولا تعطى كل المناهج نفس الإجابة. وأسوأ من ذلك، فإن من المحتمل أن بعض مناهج الكمبيوتر هذه «تتلهف» بالغ اللهفة لأن «ترى» تجمعات تنتظم

طبقيا فى داخل تجمعات، حتى ولو لم تكن موجودة فى الحقيقة. ومدرسة قيّاسى المسافات أو «التصنيفيين العدديين» قد أصبحت مؤخرا كموضة أصابها شئ من عدم الرواج. ووجهة نظرى أن عدم رواجها كموضة هو مرحلة مؤقتة كما يحدث كثيرا للموضات، وأن هذا النوع من «التصنيف العددى»، ليس إطلاقا مما يسهل شطبه. وإنى لأتوقع عودته ثانية.

والمدرسة الأخرى من قياسى النمط الخالص هى مدرسة من يسمون أنفسهم التفرعيين المتحولين، وذلك لأسباب تاريخية كما سبق أن رأينا. وهذه المجموعة هى التى ينضح السوء من داخلها. ولن أواصل العملية المعتادة من تتبع أصولها التاريخية من بين صفوف التفرعيين الحقيقيين. إن من يُزعم أنهم من التفرعيين المتحولين هم من حيث فلسفتهم الأساسية، فيهم أوجه مشاركة بأكثر مع تلك المدرسة الأخرى من قياسى النمط الخالص التى يسمّى أعضاؤها بالتصنيفيين العدديين، والذين ناقشت أمرهم فى التو تحت عنوان قيّاسى متوسط المسافة. والأمر الذى يشترك فيه هؤلاء أحدهما مع الآخر هو النفور من جر التطور فى ممارسة التصنيف، وإن كان هذا لا يدل «بالضرورة» على أى عداء لفكرة التطور نفسها.

والتفرعيون المتحولون يشتركون مع التفرعيين الحقيقيين فى الكثير من مناهج التطبيق. وكلاهما يفكر من بدء الأمر مباشرة، بلغة من أشجار تتفرع ثنائيا. وكلاهما يلتقط أنواع معينة من الخصائص على أنها هامة تصنيفيا، وخصائص أخرى على أنها لا قيمة لها تصنيفيا. وهما يختلفان فى المنطق الذى يتخذاه لهذا التمييز. والتفرعيون المتحولون مثلهم مثل قيّاسى متوسط المسافة لا يخرجون للبحث عن أشجار عائلية. فهم يبحثون عن أشجار ذات تشابه خالص. وهم يتفقون مع قيّاسى متوسط المسافة فى أنهم يتركون السؤال مفتوحا عما إذا كان نمط التشابه يعكس تاريخا تطوريا. على أنه بخلاف قياسى المسافة، الذين هم على استعداد على الأقل من الوجهة النظرية لأن يتركوا «الطبيعة» لتخبرهم عما إذا كانت بالفعل منظمة طبقيا، فإن التفرعيين المتحولين «يفترضون» أن الطبيعة هى

كـذلك. فمما هو بديهى، ومن عناصر العقيدة لديهم، أن الأشياء يجب أن تصنف إلى طبقات متفرعة (أو بما يرادف ذلك إلى تداخلات متداخلة). ولأن الشجرة المتفرعة لا شأن لها بالتطور، فهى ليست مما يجب بالضرورة أن يطبق فقط على الأشياء الحية. فمناهج التفرعيين المتحولين يمكن استخدامها حسب ما يقول أتباعهم، ليس فحسب لتصنيف الحيوانات والنباتات وإنما أيضا لتصنيف الأحجار، والكواكب، وكتب المكتبة، وأوانى العصر البرونزى. وبكلمات أخرى فإنهم لا يقرون بالنقطة الأساسية التى وضحتها بمقارنتى للتصنيف فى المكتبة، وهى أن التطور هو الأساس الصحيح الوحيـد لمـا هـو تصنيـف طبقى فريد.

وكما قد رأينا، فإن قيّاسى متوسط المسافة يقيسون مسافة بعد كل حيوان عن الآخر حيث «البعيد» يعنى «لا يشبه» و«القريب» يعنى «يشبه»، وعندها فقط، بعد حساب نوع من محصلة المؤشر المتوسط للمشابهة، فإنهم يبدأون محاولة تفسير نتائجهم بلغة من التفرع، بجمع من داخل طبقية تجمعية، أو رسم «شجرة». على أن التفرعيين المتحولين مثلهم مثل التفرعيين الحقيقيين الذين كانوا منهم فيما سبق، يأتون منذ المستهل وقد جلبوا معهم التفكير التفرعى التجميعى. وهم من حيث المبدأ على الأقل، يشبهون التفرعيين الحقيقيين فى أنهم يبدأون بأن يسجلوا كتابة كل الأشجار المحتملة التى تتفرع ثنائيا، ثم يختارون أفضلها.

ولكن ما الذى يتحدثون عنه بالفعل حينما ينظرون أمر كل »شجرة« محتملة، وماذا يعنون بالأفضل؟ ما هى حالة العالم المفترضة التى تتطابق معها كل شجرة؟ بالنسبة للتفرعى الحقيقى، الذى يتبع و.هننج، فإن الإجابة واضحة جدا. إن كل شجرة من الأشجار الخمس عشرة المحتملة التى تضم الحيوانات الأربعة تمثل شجرة عائلة محتملة. ومن بين كل ما يمكن تصوره من أشجار العائلة الخمس عشرة التنى تضم الحيوانات الأربعة، فإن شجرة واحدة، وواحدة فقط، هى التى يجب أن تكون صحيحة. فتاريخ أجداد الحيوانات قد حدث واقعيا فى العالم. وهناك ١٥ تاريخا محتملا عندما نفترض أن كل

التفرعات تكون بطريق التفرع الثنائى. ويجب أن يكون أربعة عشر تاريخا من هذه التواريخ المحتملة خطأ. فواحد فقط هو الذى يمكن أن يكون صحيحا، أن يكون مطابقا للطريقة التى حدث بها التاريخ بالفعل. وأشجار العائلة المحتملة التى لها فى ذروتها ثمانية حيوانات، والتى يبلغ عددها كلها ١٣٥و ١٣٥ يجب أن يكون من بينها ١٣٤و ١٣٥ شجرة خطأ. فشجرة واحدة فقط هى التى تمثل الحقيقة التاريخية. وقد لا يكون من السهل التأكد من «تلك» الشجرة التى هى الشجرة الصحيحة، إلا أن التفرعى الحقيقى يستطيع على الأقل أن يكون متأكدا من «أن» عدد الشجرات الصحيحة لا يزيد عن شجرة واحدة.

ولكن ما الذى تتطابق معه الأشجار الخمس عشرة المحتملة (أو هى ١٣٥,١٣٥ شجرة، أو أى عدد يكون من الأشجار) هى والشجرة الصحيحة الوحيدة فى العالم غير التفرعى عند التفرعى المتحول؟ إن الإجابة كما وضحها زميلى وتلميذى السابق مارك ريدلى فى كتابه «التطور والتصنيف»، هى إجابة ليست بالشئ الكثير. فالتفرعى المتحول يرفض دخول مفهوم «الجد» فى اعتباراته. إن الجد بالنسبة له هو كلمة قذرة. ولكنه من الجهة الأخرى يصمم على أن التصنيف يجب أن يكون فى طبقية متفرعة. وإذن، فإذا لم تكن الأشجار الطبقية المحتملة التى يبلغ عددها الخمس عشرة (أو ١٣٥و ١٣٥) هى أشجار لتاريخ الأجداد، فما الذى تكونه فى واقع الأمر؟ لا بديل هنا إلا استدعاء الفلسفة القديمة جلبا لنظرية ما مثالية غامضة من أن العالم هو فحسب منظم طبقيا؛ نظرية ما بأن كل شئ فى العالم له «عكسه»، أى سالبه أو موجبه الخفى. وهى لا تصل قط إلى ما هو أكثر متانة من ذلك. ومن المؤكد أنه ليس من الممكن فى العالَم غير التطورى عند التفرعى المتحول، أن تُصنع الأحكام القوية الواضحة من مثل أنه «من بين ٩٤٥ شجرة محتملة تضم ٦ حيوانات لا يمكن أن يكون صحيحا إلا شجرة واحدة فقط؛ وكل الباقى يجب أن يكون خطأ».

ما السبب فى أن كلمة جد هى كلمة قذرة عند التفرعيين؟ ليس السبب (فيما أرجو) هو أنهم يؤمنون أنه لم يكن هناك قط أى أجداد. والأولى أنهم قد قرروا أن الأجداد

لا مكان لهم فى علم التصنيف. وهذا وضع يمكن الدفاع عنه فيما يختص «بممارسة» علم التصنيف يوما بيوم. وليس من تفرعى يرسم فى الواقع أجدادا بلحمهم ودمهم على أشجار العائلة، وإن كان التصنيفيون التطوريون التقليديون يفعلون ذلك أحيانا. والتفرعيون من كل الألوان يتناولون كل علاقة القرابة بين الحيوانات الواقعية المرصودة كعلاقة «أبناء عمومة»، على أنها أمر يتعلق بالشكل. وهذا معقول تماما. ولكن غير المعقول هو المبالغة فى هذا الأمر حتى يُجعل منه تابو ضد ذات «مفهوم» الأجداد، ضد استخدام لغة من الأجداد فيما يمد بالتبرير الرئيسى لاتخاذ الشجرة المتفرعة طبقيا كأساس لعلمك التصنيفى.

قد تركت للنهاية أغرب وجه لمدرسة علم التصنيف التفرعى المتحول. فبعض التفرعيين التحوليين لم يقنعوا بتلك العقيدة المعقولة تماما من أن هناك ما يمكن أن يقال لنبذ الافتراضات التطورية وافتراضات الأجداد خارج «ممارسة» علم التصنيف، وهى عقيدة يشتركون فيها مع «قيّاسى المسافات»، بل ووثبوا مباشرة عبر القمة ليستنتجوا أنه لا بد وأن هناك شئ خطأ فيما يختص بالتطور نفسه! وهذه حقيقة أغرب من أن تصدق. ولكن هذا البعض من «التفرعيين المتحولين» المبرزين، يمارسون عداءا فعليا لفكرة التطور ذاتها، وخاصة النظرية الداروينية عن التطور. ويذهب إثنان منهما لأبعد مدى وهما ج. نلسون و ن.بلاتنيك بالمتحف الأمريكى للتاريخ الطبيعى فى نيويورك، حتى لقد كتبا أن «الداروينية... هى باختصار، نظرية وضعت موضع الاختبار ووجدت زائفة». وإنى لأحب أن أعرف ماهو هذا «الاختبار»، وأكثر من ذلك، فإنى لأحب أن أعرف ما هى النظرية البديلة التى سيفسر بها نلسون وبلاتنيك الظواهر التى تفسرها الداروينية، وخاصة التركب التكيفى.

ليس الأمر أن التفرعيين المتحولين أنفسهم هم كلهم خلقيون أصوليون. فتفسيرى هو أنهم يسعدون بنظرة مبالغ فيها عن أهمية علم التصنيف فى البيولوجيا. فهم ربما قد قرروا بما قد يكونوا على حق فيه، أنهم يمكنهم ممارسة علم التصنيف ممارسة أفضل لو نسوا أمر

التطور، وخاصة إذا لم يستخدموا قط مفهوم «الجد» عند تفكيرهم بشأن علم التصنيف. وبنفس الطريق، فإن من يدرس الخلايا العصبية مثلا، قد يقرر أن التفكير فى التطور ليس فيه ما يساعده. وسوف يوافق المتخصص فى الأعصاب على أن خلايا أعصابه هى نتاج التطور. ولكنه ليس بحاجة لاستخدام هذه الحقيقة فى أبحاثه. فهو يحتاج لمعرفة الكثير عن الفيزياء والكيمياء، ولكنه يعتقد أن الداروينية لا علاقة لها بأبحاثه اليومية فى نبضات الأعصاب. وهذا موقف يمكن الدفاع عنه. ولكنك لا تستطيع أن تقول بصورة منطقية أنه حيث أنك لا تحتاج لاستخدام نظرية معينة فى ممارستك اليومية لفرعك العلمى المعين، فإن هذه النظرية هى إذن نظرية «زائفة». إنك لن تقول هذا إلا إذا كان تقديرك لأهمية فرعك العلمى الخاص بك هو تقدير مبالغ فيه مبالغة ملحوظة.

وحتى عندها، فلن يكون ذلك منطقيا. ومن المؤكد أن الفيزيائى لا يحتاج إلى الداروينية حتى يمارس الفيزياء. وهو قد يظن أن البيولوجيا علم تافه عند مقارنته بالفيزياء. وقد يترتب على ذلك فى رأيه، أن الداروينية ذات أهمية تافهة بالنسبة للعلم. ولكنه لا يستطيع أن يستنتج من ذلك على نحو معقول أن الداروينية هى إذن «زائفة»! على أن هذا هو فى الجوهر ما فعله فيما يبدو بعض قادة مدرسة التفرعيين المتحولين ـ ولاحظ جيدا أن كلمة «زائف» هى بالضبط الكلمة التى استخدمها نلسون وبلاتنيك. ولا حاجة للقول بأن كلماتهما قد التقطتها الميكروفونات الحساسة التى ذكرتها فى الفصل السابق، وكانت النتيجة هى شهرتهما بما له اعتباره. فقد اكتسبا لنفسيهما مكانة شرفية فى الأدبيات الخلقية الأصولية. وقد حدث مؤخرا أن أتى واحد من التفرعيين المتحولين كزائر لإلقاء محاضرة فى جامعتنا، وإذا به يجتذب جمهورا أكبر مما اجتذبه أى محاضر زائر آخر فى تلك السنة! وليس من الصعب إدراك سبب ذلك.

ما من شك مطلقا فى أن أى ملاحظات من مثل القول بأن «الداروينية... هى نظرية وضعت موضع الإختبار ووجدت زائفة»، عندما تأتى من بيولوجيين راسخين يعملون فى الهيئة العاملة بمتحف قومى محترم، ستكون بمثابة وليمة فاخرة لأعداء التطور وغيرهم ممن

لديهم اهتمام نشط باقتراف التزييف. وهذا هو على نحو مطلق، السبب الوحيد فى أنى قد أزعجت قرائى بموضوع التفرع المتحول. وكما قال مارك ريدلى قولا مخففا، وهو يستعرض الكتاب الذى ذكر فيه نلسون وبلاتنيك تلك الملاحظة عن زيف الداروينية: من منا كان يخمن أن كل ما «يعنياه» حقا هو أن الأنواع السلف هى خبيثة بما لا يسمح بتمثيلها فى التصنيف التفرعى؟ ومن الصعب بالطبع أن تحدد بدقة الهوية المضبوطة للأجداد، وهناك حتى أسباب قوية لألا نحاول فعل ذلك. ولكن إصدار الأحكام التى تشجع الآخرين على استنتاج أنه لم «يكن» هناك أى أجداد قط لهو إمتهان للّغة وخيانة للحقيقة.

أما الآن فالأفضل لى أن أخرج لأعزق الحديقة، أو لأى شئ من ذلك.

الفصل الحادي عشر

منافسون مدانون

ما من بيولوجى جاد يشك فى حقيقة أن التطور قد حدث، ولا فى أن الكائنات الحية كلها أبناء عمومة بعضها للبعض. على أن لبعض الجيولوجيين شكوكا بشأن نظرية داروين بالذات عن «كيفية» حدوث التطور. وأحيانا يثبت فى النهاية أن هذا مجرد جدل حول كلمات: فنظرية التطور المرقوم مثلا، يمكن طرحها على أنها ضد الداروينية. إلا أنها فى الحقيقة، كما ناقشت ذلك فى الفصل التاسع، تنوع طفيف للداروينية، ولا تنتمى إلى باب النظريات المنافسة. على أن ثمة نظريات أخرى هى بكل التأكيد «ليست» صورامن الداروينية، نظريات تجرى صراحة ضد الصميم من روح الداروينية. وهذه النظريات المنافسة هى موضوع هذا الفصل. وهى تشمل صورا مختلفة لما يسمى اللاماركية* ؛ كما تشمل أيضا وجهات نظر أخرى مثل «الحيادية»، و«الطفرية» والتكوينية، والتى تقدم من وقت لآخر كبدائل للانتخاب الدارويني.

والطريقة الواضحة للحكم بين النظريات المتنافسة، هى أن يُفحص البرهان. وأنماط النظريات اللاماركية مثلا، يتم رفضها تقليديا ـ وبحق ـ لأنها لم يوجد لها قط برهان جيد (وليس هذا بسبب وجود نقص فى المحاولات النشطة لذلك، ففى بعض الحالات كان هناك متحمسون لبذل هذه المحاولات هم مهيأون حتى لتزييف البراهين) . على أنى سأتخذ فى هذا الفصل مسلكا مختلفا، وسبب ذلك هو فى أغلبه أن كتبا كثيرة أخرى قد فحصت البراهين فكانت استنتاجاتها فى صف الداروينية. وبدلا من أفحص البراهين التى

(*) نسبة إلى لامارك وهو عالم فرنسى صاحب نظرية فى التطور ١٧٤٤ ـ ١٨٢٩. (المترجم).

مع النظريات المتنافسة والتى ضدها، فإنى سأتخذ طريقة تناول هى أكثر تنظيرا. وستكون محاجتى أن الداروينية هى النظرية الوحيدة المعروفة «القادرة» من حيث المبدأ على تفسير أوجه معينة من الحياة. وإذا كنت مصيبا، فإن هذا يعنى أنه حتى لو لم يكن هناك براهين فعلية فى صف النظرية الداروينية (وبالطبع فإن هذه البراهين موجودة) فما زال لدينا فيما ينبغى ما يبرر تفضيلها على كل النظريات المنافسة.

وإحدى وسائل إبراز هذه النقطة دراميا هى صنع التنبؤ. وأنا أتنبأ بأنه لو حدث قط أن اكتشف شكل للحياة فى جزء آخر من الكون، فمهما كان شكل الحياة هذا غير مألوف وغريب وعجيب فى تفاصيله، إلا أنه سيتبين أنه يشبه الحياة على الأرض من وجه رئيسى واحد: أنه قد تطور بنوع من الانتخاب الطبيعى الداروينى. ولسوء الحظ فإن هذه نبوءة لن نستطيع بأى احتمال أن نخبرها فى زمن حياتنا، ولكنها تظل وسيلة لأن نبرز دراميا إحدى الحقائق الهامة عن الحياة فوق كوكبنا. فالنظرية الداروينية هى من حيث المبدأ قادرة على تفسير الحياة. وما من نظرية أخرى مما قد طرح قط هى من حيث المبدأ قادرة على تفسير الحياة. وسوف أبرهن على ذلك بمناقشة كل النظريات المنافسة المعروفة، ليس من جهة ما لها أو عليها من براهين ولكن من جهة كفايتها، من حيث المبدأ، كتفسير للحياة.

ويجب أولا أن أحدد ماذا يعنى «تفسير» الحياة. وهناك بالطبع خواص كثيرة للأشياء الحية مما يمكننا وضع قائمة له، وبعض منها هى مما قد يمكن تفسيره بالنظريات المنافسة. فكما رأينا، فإن الكثير من الحقائق عن توزيع جزيئات البروتين قد يرجع إلى طفرات وراثية محايدة بأولى مما يرجع إلى الانتخاب الداروينى. على أن ثمة خاصة واحدة معينة للأشياء الحية أود إفرادها على أنها مما لا يمكن تفسيره «إلا» بالانتخاب الداروينى. وهذه الخاصة هى تلك التى ظلت موضوعا متعاودا فى هذا الكتاب وهى: التركب التكيفى. إن الكائنات الحية قد أحسن إعدادها لتبقى وتتكاثر فى بيئاتها، بوسائل يبلغ من كثرة عددها مع قلة احتمالها احصائيا أنه لا يمكن لها أن تكون قد تأتت بضربة حظ واحدة. وقد تبعت بالى فى استخدام مثل العين. وثمة ملمحان أو ثلاثة من ملامح العين التى حسن تصميمها هى مما يمكن تصور أنها قد تأتت بحدث واحد محظوظ. ولكن الأمر الذى يتطلب تفسيرا من نوع خاص يتجاوز مجرد الحظ، لهو مجرد عدد الأجزاء المتشابكة، التى أجيد تكيفها كلها للرؤية وأجيد تكيف أحدها للآخر. والتفسير الداروينى بالطبع يدخل فيه الحظ أيضا،

فى شكل الطفر. ولكن هذا الحظ يترشح تراكميا بالانتخاب، خطوة فخطوة، عبر أجيال كثيرة. وقد بينت الفصول الأخرى أن هذه النظرية قادرة على أن تمد بتفسير مرضى للتركب التكيفى. وفى هذا الفصل سوف أحاج بأن كل النظريات المعروفة الأخرى «ليست» قادرة على فعل ذلك.

هيا أولا نتناول أبرز منافس تاريخى للداروينية، وهو مذهب اللاماركية. عندما طُرحت نظرية لامارك لأول مرة فى أوائل القرن التاسع عشر، لم يكن ذلك كنظرية منافسة للداروينية، لأن الداروينية لم تكن بعد قد دارت بفكر أحد..والفارس(*) دى لامارك كان متقدما عن عصره. فهو واحد من أولئك المثقفين من القرن الثامن عشر الذين أدلوا بحجتهم فى صف التطور. وقد كان مصيبا فى هذا، ويستحق تكريمه لهذا السبب وحده، مع إيرازموس جد تشارلز داروين هو وآخرين. وقد قدم لامارك أيضا نظرية عن ميكانزم التطور هى أفضل ما يمكن أن يخرج به أى فرد وقتذاك، ولكن ليس من سبب لافتراض أنه لو كانت النظرية الداروينية عن ميكانزم التطور قد ظهرت وقتها، فإن لامارك كان سيرفضها. والداروينية لم تكن قد ظهرت، ومن سوء حظ لامارك أن إسمه، على الأقل فى العالم الذى يتكلم الانجليزية، أصبح عنوانا لأحد الأخطاء ـ وهو نظريته عن «ميكانزم» التطور ـ بدلا من أن يكون عنوان لإيمانه الصحيح «بحقيقة» أن التطور قد حدث. وليس هذا كتاب تاريخ، ولن أقوم بتشريح دراسى لما قاله لامارك نفسه بالضبط. وقد كانت هناك جرعة من الصوفية فى كلمات لامارك الفعلية ـ فهو مثلا كان لديه إيمان قوى فى التقدم لأعلى سلم يتصور الكثيرون حتى فى وقتنا هذا أنه سلم للحياة؛ وهو قد تكلم عن حيوانات تناضل وكأنها بمعنى ما «تريد» واعية أن تتطور. وسوف أستخلص من اللاماركية العناصر غير الملغزة التى يبدو على الأقل للنظرة الأولى، أنها تفلت بفرصة لأن تقدم بديلا حقيقيا للداروينية. وهذه العناصر، وهى العناصر الوحيدة التى يتخذها «اللاماركيون الجدد» المحدثون، هى أساسا عنصران: توارث الخصائص المكتسبة، ومبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام.

(*) الفارس (شيفاليه) لقب من ألقاب التشريف فى فرنسا. (المترجم)

ويقرر مبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام أن أجزاء جسد الكائن الحى التى تستخدم تنمو لحجم أكبر. والأجزاء التى لا تستخدم تنزع لأن تضمر شديدا. ومن الحقائق التى تلاحظ أنك حينما تستخدم عضلات معينة فإنها تنمو؛ وأن العضلات التى لا تستخدم قط تنكمش. ويمكننا بفحص جسم إنسان أن نقول أى العضلات يستخدمها وأيها لا يستخدمها. وربما أمكننا حتى أن نخمن مهنته أو هوايته. والمتحمسون لدعوة «بناء الجسم» يستخدمون مبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام «لبناء» أجسامهم فيما يكاد يكون قطعة من النحت فى أى شكل غير طبيعى مما تتطلبه الموضة فى تفكير هذه القلة العجيبة. والعضلات ليست هى الجزء الوحيد من الجسم الذى يستجيب للاستخدام على هذا النحو. فلو مشيت عارى القدمين ستكتسب لباطن قدمك جلدا أسمك. ومن السهل أن تميز الفلاح من كاتب البنك بالنظر إلى أيديهما وحدها. فيدا الفلاح خشنتان، قد خشنهما التعرض الطويل للعمل الشاق. وإذا حدث قط أن كانت يدا الكاتب خشنتين، فإن ذلك لا يصل لأكثر من جسأة (*) صغيرة على الإصبع الذى يكتب به.

ومبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام يمكّن الحيوانات من أن تصبح أفضل فى مهمة بقائها فى عالمها، وأن تتحسن قدما أثناء زمن حياتها هى كنتيجة للعيش فى ذلك العالم. والبشر من خلال التعرض المباشر لضوء الشمس، أو لنقص هذا الضوء، يصبح لجلدهم لون يهيؤهم على نحو أفضل للبقاء فى ظروف محلية معينة. وزيادة ضوء الشمس فوق ما ينبغى هى أمر خطر. وأصحاب البشرة الفاتحة جدا الذين يتحمسون لحمامات الشمس يتعرضون لسرطان الجلد. ومن الناحية الأخرى فإن قلة ضوء الشمس عما ينبغى تؤدى إلى نقص فيتامين د والكساح، وهو ما يُرى أحيانا عند الأطفال ذوى اللون الأسود ورائيا الذين يعيشون فى اسكندنافيا. فصبغة الميلانين البنية التى تتكون تحت تأثير ضوء الشمس، تصنع حاجزا يحمى ما تحته من أنسجة من التأثيرات الضارة لزيادة ضوء الشمس. وإذا انتقل شخص صبغت الشمس بشرته إلى مناخ أقل شمسا فإن الميلانين يختفى، ويتمكن الجسم من الإستفادة من أى قدر قليل يوجد من الشمس. ويمكن أن يقدّم ذلك كمثل لمبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام:-فالجلد سصبح بنيا عندما «يستخدم»، ويشحب للأبيض

(*) ما يسمى أحيانا بالعامية كالو وهى عن الكلمة الأجنبية Callus .(المترجم)

عندما «لا يستخدم». وبعض الأجناس الاستوائية ترث بالطبع حاجزا سميكا من الميلانين سواء تعرضت كأفراد لضوء الشمس أم لم تتعرض.

هيا نلتفت الآن للمبدأ اللاماركى الرئيسى الآخر، وهو فكرة أن الخصائص المكتسبة هكذا تورث بعدها فى الأجيال المستقبلة. وتدل كل البراهين على أن هذه الفكرة هى ببساطة زائفة، ولكنها كانت خلال معظم التاريخ مما يؤمن يه كحقيقة. ولامارك لم يبتكرها، ولكنه ببساطة ضم إليه الحكمة الشعبية لزمانه. وما زال هناك من يؤمن بهذه الفكرة فى بعض الدوائر. وقد كان لأمى كلب يصاب أحيانا بالعرج، فيرفع إحدى ساقيه الخلفيتين ليحجل على الأرجل الثلاث الأخرى. وكان لإحدى جاراتنا كلب أكبر سنا كان لسوء الحظ قد فقد إحدى رجليه الخلفيتين فى حادث سيارة. فكانت مقتنعة بأن كلبها هو ولابد والد كلب أمى، وبرهان ذلك أنه من الواضح أن الأخير قد ورث عنه عرجه. والحكم الشعبية والحكايات الخرافية مليئة بأساطير كهذه. والكثير من الناس إما أنهم يؤمنون، أو أنهم يحبون الإيمان، بتوارث الخصائص المكتسبة. وحتى قرننا هذا كانت تلك هى النظرية السائدة عن التوارث بين البيولوجيين الجادين أيضا. وداروين نفسه كان يؤمن بها، ولكنها لم تكن جزءا من نظريته عن التطور، وهكذا فإن اسمه لا يرتبط بها فى أذهاننا.

ولو ضممت توارث الخصائص المكتسبة مع مبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام، سيكون لديك ما يبدو وكأنه وصفة جيدة للتحسين بالتطور. وهذه الوصفة هى ما شاعت عنونته بنظرية اللاماركية للتطور. فلو أن الأجيال المتتالية خشنت أقدامها بالمشى عارية الأقدام فوق أرض خشنة، فإن كل جيل، فيما تذهب إليه النظرية، سيكون لديه جلد أخشن قليلا من الجيل السابق. وكل جيل سينال ميزة عن الجيل السابق له. وفى النهاية، سيولد الأطفال بجلد خشن بالفعل (وهم يولدون حقا هكذا، وإن كان ذلك لسبب مختلف كما سوف نرى). ولو أن أجيالا متتالية تشمست فى الشمس الاستوائية، فسيصبح لونها بنيا أكثر وأكثر لأن كل جيل، حسب النظرية اللاماركية، سيرث بعض صبغة الجيل السابق. وفى الوقت المناسب، سيولدون سودا، (مرة أخرى فإنهم يولدون حقا هكذا ولكن ليس للسبب اللاماركى).

والأمثلة الأسطورية هى ذراعا الحداد ورقبة الزرافة. ففى القرى حيث يرث الحداد مهنته عن أبيه، وجده الأكبر من قبله، كان يظن أنه يرث أيضا عن أسلافه العضلات التى أحسن تدريبها. وهو لا يرثها فحسب وإنما يضيف إليها من خلال ممارسته هو نفسه، ويمرر أوجه التحسن إلى ابنه. والزرافات السلف ذات الرقاب القصيرة كانت فى أشد حاجة للوصول إلى الأوراق العالية فوق الأشجار. فناضلت جاهدة لأعلى، فمطت بذلك عضلات العنق وعظامه. وكل جيل ينتهى برقبة أطول قليلا من سابقه، ويمرر ما وصل إليه من تقدم إلى الجيل التالى. وحسب النظرية اللاماركية الخالصة، فإن كل التقدم التطورى يتبع هذا النمط. فالحيوان يناضل فى سبيل شئ يحتاجه. وكنتيجة لذلك فإن أجزاء الجسم التى تستخدم فى نضاله تنمو لحجم أكبر، أو أنها تتغير فى الاتجاه الملائم. ويورث التغير بواسطة الجيل التالى، وتستمر العملية هكذا. ولهذه النظرية ميزة أنها نظرية تراكمية ـ وهذا عنصر جوهرى لأى نظرية عن التطور، إذا كان لها أن تفى بدورها فى نظرتنا للعالم، كما سبق أن رأينا.

والنظرية اللاماركية فيما يبدو لها جاذبية عاطفية عظيمة لنماذج معينة من المثقفين مثلما لنماذج من غير المتخصصين. وقد اتصل بى ذات مرة أحد الزملاء، وهو مؤرخ ماركسى مشهور ومن أكثر الناس ثقافة وعلما. وقال أنه يفهم أن كل الحقائق فيما يبدو ضد النظرية اللاماركية، ولكن ألا يوجد حقا أى أمل فى أنها قد تكون صادقة؟ وأخبرته أنه فى رأى ليس ثمة أمل، وتقبل هو ذلك وهو فى خالص الأسف، قائلا أنه كان يود لأسباب أيديولوجية أن تكون اللاماركية صادقة. فهى فيما يبدو تقدم آمالا أكيدة لإصلاح البشرية. وقد كرس جورج برنارد شو إحدى مقدماته الضخمة (مقدمة مسرحية العودة إلى متوشالح)(*) للمناصرة المتحمسة لتوارث الخصائص المكتسبة. وقضيته لم يؤسسها على معرفته بالبيولوجيا، فهذا أمر سيوافق شو فى جذل على عدم معرفته لأى شئ فيه. وإنما أسسها على نفور عاطفى من دلالات الداروينية، وهى ذلك «السِّفر من الحوادث»:

«وهى (أى الداروينية) تبدو بسيطة لأنك لا تتبين أول الأمر كل ما تتضمنه. ولكنها عندما تتجلى لك بكل مغزاها، فإن قلبك ليغوص مِن داخلك إلى كوم من الرمال. فثمة

(*) مسرحية عن بشر يطول عمرهم بمثل عمر متوشالح جد سيدنا نوح. (المترجم)

شئ من جبريّة بشعة فيها، حط لَعين مروّع للجمال والذكاء، وللقوة والهدف، وللشرف والإلهام».

أما أرثر كستلر فهو أديب مبرز آخر لم يستطع أن يتحمل ما رآه من دلالات للداروينية. وكما ذكر ستيفن جولد بسخرية، وإن كان ذلك صوابا، فإن كستلر فى كتبه الستة الأخيرة قاد «حملة ضد ما فهمه هو نفسه عن الداروينية فهما سيئا». وهو قد بحث عن ملاذ فى بديل لم يكن قط واضحا لى كل الوضوح وإن كان مما يمكن تفسيره كنسخة غامضة من اللاماركية.

وكستلر وشو هما فرديّان يفكران لنفسيهما. وآراؤهما الشاذة عن التطور لم يكن لها فيما يحتمل تأثير وإن كنت أتذكر بالفعل، وفى خجل، أن تقديرى الخاص للداروينية فى العقد الثانى من عمرى قد تأخر لمدة عام على الأقل بفعل خطاب شو الساحر فى «العودة إلى متوشالح». والجاذبية العاطفية للاماركية، هى وما صحبها من عداء عاطفى للداروينية، كان لهما فى بعض الأوقات تأثير أكثر إفسادا، على يد الايديولوجيات القوية التى تستخدم كبديل للفكر. وقد كان ت. د. ليسكنو واحدا من مربى النباتات الزراعية الذين هم من الدرجةُ الثانية ولا يتميز فى أى مجال عدا السياسة. ولعل عداؤه المتعصب للمندلية(*)، وإيمانه الحماسى الدوجماطى بتوارث الخصائص المكتسبة أن كان سيتم تجاهلهما فى معظم البلاد المتحضرة بما لا يضر. ولسوء الحظ فقد اتفق أنه يعيش فى بلد حيث للأيديولوجية أهمية أكبر من الحقيقة العلمية. وهكذا عين فى ١٩٤٠ مديرا لمعهد الوراثيات فى الاتحاد السوفييتى، وأصبح له نفوذ هائل. وأصبحت آراؤه الجاهلة عن الوراثيات هى الوحيدة التى يسمح بتعليمها فى المدارس السوفيتية طيلة جيل. وحدثت أضرار لا تحصى للزراعة السوفييتية. وتم إعدام الكثيرين من علماء الوراثة السوفييت المبرزين، أو نفيهم، أو سجنهم. وكمثل فإن ن. أ. فافيلوف عالم الوراثة ذو الشهرة العالمية، مات من سوء التغذية فى زنزانة سجن بلا نافذة بعد محاكمة طويلة بتهم ملفقة مضحكة مثل «التجسس لحساب البريطانيين».

ومن غير الممكن إثبات أن الخصائص المكتسبة لا تورث قط. وذلك لنفس السبب الذى لا يمكن من أجله أن نثبت قط أن الجنّيات لا توجد. فكل ما نستطيع قوله هو أنه لم

(*) نسبة لمندل أحد رواد علم الوراثة. (المترجم)

تتأكد قط أى رؤية للجنّيات، وأن ما تم إنتاجه لها من صور ضوئية مزعومة هى زيف ملموس. ويصدق الشئ نفسه على ما يزعم من وجود طبعات لأقدام بشرية فى مهاد الديناصور بتكساس. وأى مقولة أقررها بأن الجنّيات لا توجد هى مستهدفة للاحتمال بأنى فى يوم ما قد أرى أسفل حديقتى شخصا صغيرا ذى أجنحة رقيقة. ووضع نظرية توارث الخصائص المكتسبة هو وضع مماثل لذلك. وتكاد كل محاولات البرهنة على فاعليتها أن تكون ببساطة فاشلة. أما تلك التى نجحت ظاهريا، فإن منها ما ثبت فى النهاية أنه زائف؛كما مثلا فى الحكاية المشهورة عن حقن المداد الهندى تحت جلد الضفدعة المولّدة، والتى رواها أرثر كستلر فى كتابه الذى كان له هذا الإسم. والمحاولات الأخرى قد فشل البحاث الآخرون فى تكرارها. ورغم هذا، إلا أنه كما قد يحدث يوما أن يرى شخص ما جنية أسفل حديقته وهو فى صحوة وفى حوزته آلة تصوير، فإنه بمثل ذلك قد يثبت شخص ما فى أحد الأيام أن الخصائص المكتسبة يمكن توارثها.

على أنه يمكن قول ما هو أكثر قليلا من ذلك. فإن بعض الأشياء التى لم تتم قط رؤيتها على نحو موثوق به، هى رغم ذلك قابلة للتصديق طالما أنها لا تستدعى الشك فى كل شئ آخر نعرفه. فأنا لم أر أى برهان قوى على نظرية أن حيوانات البلصور(*) تعيش الآن فى بحيرة نيس، ولكن نظرتى للعالم لن تتهاوى إذا وجد برهان كهذا. فكل ما سيحدث هو أن تنالنى الدهشة (والسرور)، لأنه ما من حفرية بلصور قد عرفت فى الستين مليون سنة الأخيرة وهذه فيما يبدو فترة أطول من أن تسمح ببقاء عشيره صغيرة من بقية معمرة لحيوان منقرض. ولكن ليس فى ذلك أى مخاطرة بمبادئ علمية عظيمة. والأمر ببساطة هو من أمور الواقع. ومن الناحية الأخرى، فإن العلم قد كتل لنا فهما جيدا لطريقة سير الكون، وهو فهم يصلح لمدى هائل من الظواهر، وثمة مزاعم معينة هى مما يتعاوض مع هذا الفهم، أو هى على الأقل مما يصعب جدا توافقها معه. ويصدق هذا مثلا على الإدعاء الذى يزعم به أحيانا على أسس انجيلية زائفة، من أن الكون قد خلق فحسب منذ ما يقرب من ٦٠٠٠ سنة. فهذه النظرية ليست فقط غير موثقة، بل إنها تتعارض ليس فحسب مع البيولوجيا والجيولوجيا التقليديين، وإنما أيضا مع النظرية الفيزيائيةعن النشاط الإشعاعى ومع علم الكونيات (الأجرام السماوية التى تبعد بما يزيد عن ٦٠٠٠ سنة

(*) Plesiosaurs حيوانات زاحفة بحرية منقرضة، يزعم الآن تكرر ظهورها فى بحيرة باسكتلندا. (المترجم)

ضوئية ينبغى أن تكون غيرمرئية لو أنه لم يكن هناك شئ موجود عمره أكبر من ٦٠٠٠ سنة؛ فمجرة التبانة ينبغى أن تكون مما لا يمكن اكتشافه،لا هى ولا أى من المجرات الأخرى التى يبلغ عددها ١٠٠,٠٠٠ مليون مجرة يقر علم الكونيات الحديث بوجودها).

لقد كان هناك أوقات فى تاريخ العلم حيث أطيح بحق بكل العلم التقليدى، بسبب من حقيقة واحدة مربكة. وسنكون من المتعجرفين لو أننا قررنا أن إطاحات كهذه لن تحدث قط ثانية. ولكننا نطالب طبيعيا وبحق، بمستوى أعلى من التوثيق قبل أن نقبل إحدى تلك الحقائق التى تقلب صرحا علميا ناجحا رأسا على عقب، توثيق مستواه أعلى مما نطالب به لتقبل حقيقة ما، هى وإن كانت حتى مما يدهش إلا أنها مما يمكن أن يسعه بسهولة العلم الموجود.وأنا بالنسبة لوجود بلصور فى بحيرة نيس، قد أقبل برهان عينى نفسيهما. أما لو رأيت رجلا يرفع نفسه فى الهواء، فإنى قبل أن رفض الفيزياء كلها سوف أشك أنى ضحية لهلوسة، أو حيلة من شعوذة. وثمة مدى متصل بدءا من نظريات يحتمل عدم صدقها ولكنها يمكن بسهولة أن تكون صادقة، ووصولا إلى النظريات التى لا تكون صادقة إلا بثمن من الإطاحة بالصروح الكبيرة للعلم التقليدى الناجح.

والآن أين تقف اللاماركية فى هذا المدى المتصل؟ إنها تُطرح عادة على أنها قريبة قربا كبيرا من طرف المدى عند «النظريات غير الصادقة ولكنها يمكن بسهولة أن تكون صادقة». وأود أن أثبت هنا قضية أن اللاماركية، أو على نحو أكثر تحددا قضية توارث الخصائص المكتسبة، هى وإن لم تكن من نفس المرتبة مثل الارتفاع فى الهواء ببركة الدعاء، إلا أنها قريبة إلى طرف المدى عند «الارتفاع فى الهواء» أكثر من قربها لطرفه عند «وحش بحيرة نيس». إن توارث الخصائص المكتسبة، ليس أحد تلك الأشياء التى يمكن بسهولة أن تكون صادقة، وإنما الأمر فيما يحتمل ليس كذلك. وسوف أحاج بأنه لا يمكن أن يكون صادقا إلا إذا تمت الإحاطة بواحد من أنجح وأعز مبادئ علم الأجنة. فاللاماركية إذن تحتاج إلى أن يتم تعريضها لتشكك مستواه أعلى من مستوى التشكك العادى كما فى «وحش بحيرة نيس». ما هو إذن هذا المبدأ فى علم نمو الأجنة، الذى شاع قبوله ونجاحه والذى يجب الإحاطة به قبل أن يصبح قبول اللاماركية ممكنا؟ إن هذا ليتطلب شرحا قليلا. وسيبدو الشرح وكأنه استطراد، ولكن سوف يتضح، فى النهاية تعلقه

بالموضوع. ولنتذكر أن هذا كله هو ما يسبق بدءنا للمحاجة بأن اللاماركية حتى لو «كانت» صادقة، فإنها ستظل غير قادرة على تفسير تطور التركب التكيفي.

مجال الحديث إذن هوعلم الأجنة.إن هناك تقليديا إنقسام عميق إلى موقفين مختلفين بشأن تحول الخلايا المفردة إلى كائنات كاملة. والإسمان الرسميان لهذين الموقفين هما التخلق السبقي(*) Preformationist والتخلق المتعاقب(**) Epigenesis ، ولكنى سوف أدعوهما فى شكليهما الحديثين نظرية الطبعة الزرقاء للمخطط Blue Print ونظرية الوصفة Recipe . وكان الأتباع الأوائل للتخلق السبقى يؤمنون أن الجسم البالغ «مكون مسبقا» فى الخليةالوحيدة التى كان عليه أن ينمو منها. وقد تصور واحد منهم أنه يمكنه أن يرى فى ميكروسكوبه مصغرا دقيقا للإنسان ـ «قزم ما» ـ مكوم داخل الحيوان المنوى (وليس البويضة!) .وبالنسبة له فإن النمو الجنينى هو ببساطة عملية تكبير. فكل أجزاء الجسم البالغ موجودة هناك من قبل، وقد تكونت مسبقا. ومن المفروض أن كل قزم ذكر لديه ما يخصه من حيوانات منوية فائقة التصغير حيث أطفاله هو نفسه مكومون، وكل من هؤلاء يحوى أطفاله الأحفاد مكومين... وبصرف النظر تماما عن هذه المشكلة من الارتداد إلى ما لا نهاية، فإن نظرية التخلق السبقى الساذجة تهمل حقيقة كان وضوحها فى القرن السابع عشر لا يكاد يقل عن وضوحها الآن، وهى أن الأطفال يرثون الصفات من الأم مثلما من الأب. وحتى نكون منصفين، فقد كان هناك تخلقيون سبقيون آخرون سموا «البويضيون»، هم فى الراجح أكثر عددا من «المنويين»، ويؤمنون بأن البالغ يتكوّن مسبقا فى البويضة بدلا من الحيوان المنوى. على أن النظرية البويضية تعانى من نفس المشكلتين كما فى النظرية المنوية.

ونظرية التخلق السبقى الحديثة لا تعانى من أى من هاتين المشكلتين، ولكنها ما زالت خطأ. فالنظرية الحديثة ـ نظرية طبعة المخطط الزرقاء(***) ـ تنادى بأن حامض د ن أ فى البويضة المخصبة يرادف طبعة مخطط زرقاء للجسد البالغ. وطبعة المخطط الزرقاء هى رسم للشئ الحقيقى بمقياس مصغّر. والشئ الحقيقى ـ المنزل، أو القطة، أو أيا ما يكون ـ هو

(*) التخلق السبقى نظرية بأن كل أعضاء الجنين موجودة مسبقا فى الجرثومة. (المترجم).

(**) التخلق المتعاقب نظرية بأن الجنين يتكون بسلسلة من التشكلات المتعاقبة. وهى تناقض نظرية التخلق السبقى. (المترجم)

(***) تشبيه بالطبعة الزرقاء للمخطط الهندسى. (المترجم)

شئ له ثلاثة أبعاد، بينما طبعة المخطط الزرقاء من بعدين. ويمكنك تمثيل شئ من ثلاثة أبعاد كبناء مثلا، بواسطة مجموعة شرائح من بعدين: مساقط أرضية لكل طابق،ورسوم مساقط شتى، وهلم جرا. وهذا الاختزال للأبعاد هو من باب التسهيل. فالمعماريون يمكنهم أن يزودوا البنائين بنماذج للمنازل مصغرة بالمقاس ومصنوعه فى ثلاثة أبعاد من أخشاب عيدان الكبريت والبلزا، ولكن مجموعة النماذج التى على ورق مسطح من بعدين ـ الطبعات الزرقاء للمخطط ـ لهى أسهل فى حملها فى حافظة أوراق، وأسهل فى تعديلها، وأسهل فى العمل منها.

والاختزال بأكثر من ذلك إلى بعدٍ «واحد»، يصبح ضروريا إذا لزم تخزين المخططات الزرقاء فى الشفرة النبضية للكمبيوتر، لتنقل مثلا بواسطة خط تليفونى لأجزاء أخرى من البلاد. ويتم صنع ذلك بسهولة بإعادة تشفير كل مطبوعة زرقاء من بعدين «كمسحة» Scan ذات بعد واحد. وصور التليفزيون يتم تشفيرها بهذه الطريقة لبثها على موجات الهواء. ومرة أخرى فإن ضغط الأبعاد هو فى جوهره وسيلة شفرية بسيطة. والنقطة الهامة هو أنه ما زال يبقى هناك تناظر الواحد بالواحد بين الطبعة الزرقاء والبناء. وكل جزء من طبعة المخطط الزرقاء يناظر جزء مماثلا من البناء. وبمعنى ما، تكون الطبعة الزرقاء مصغر «مسبق التخليق» للمبنى، وإن يكن هذا المصغر مما يمكن إعادة تشفيره فى أبعاد أقل مما للمبنى.

وسبب ذكر اختزال المخططات الزرقاء إلى بعد واحد هو بالطبع أن د ن أ هو شفرة ذات بعد واحد. وكما أنه من الممكن نظريا نقل نموذج بمقياس مصغر لأحد الأبنية بواسطة خط تليفونى له بعد واحد ـ أى نقل المخططات الزرقاء فى مجموعة مرقمة ـ فإنه من الممكن نظريا بمثل ذلك تماما نقل نموذج للجسم بمقياس مصغر بواسطة شفرة د ن أ المرقمة ذات البعد الواحد. وهذا لا يحدث، ولكنه لو حدث سيكون من الإنصاف القول بأن البيولوجيا الجزيئية الحديثة قد برأت نظرية التخلق السبقى القديمة. هيا الآن ننظر فى أمر تلك النظرية العظيمة الأخرى فى علم الأجنة، نظرية التخلق المتعاقب، نظرية الوصفة أو «كتاب الطهى».

إن وصفة فى أحد كتب الطهى ليست بأى معنى طبعة المخطط الزرقاء للفطيرة التى

ستخرج فى النهاية من الفرن. وليس سبب هذا أن الوصفة هى خيط كلمات من بعد واحد بينما الفطيرة شئ من ثلاثة أبعاد. فكما رأينا من قبل، فمن الممكن تماما بطرق من المسح، أن يتحول نموذج مصغر بالمقاس إلى شفرة من بعد واحد. ولكن الوصفة ليست نموذجا مصغرا بالمقاس، ليست توصيفا للفطيرة وقد تمت، وليس فيها بأى معنى تمثيل النقطة بالنقطة. إنها مجموعة من «التعليمات» إذا نفذت بالترتيب الصحيح سينتج عنها فطيرة. والطبعة الزرقاء الحقيقية لمخطط الفطيرة، التى تشفَّر فى بعد واحد ستتكون من سلسلة من مسحات خلال الفطيرة، وكأن أسياخا قد مررت مرارا من خلالها فى تتال منتظم، لأسفل الفطيرة ومن الجانب للآخر. وسوف يسجل فى الشفرة ما يحيط مباشرة بسن السيخ على مسافات من الملليمتر؛ وكمثل فإن الإحداثيات المضبوطة لكل زبيبة وكسرة من الفطيرة سيمكن استعادتها من المعطيات المتسلسلة. وسيكون هناك رسم لخريطة فيها بصورة محكمة تماثل الواحد بالواحد بين كل جزء من الفطيرة والجزء المناظر من طبعة المخطط الزرقاء. ومن الواضح أن هذا ليس فيه أيا مما يشابه الوصفة الحقيقية. فليس هناك خريطة ترسم يتماثل فيها تماثل الواحد بالواحد أجزاء من الفطيرة مع كلمات أو حروف الوصفة. ولو تطابقت خريطة كلمات الوصفة مع أى شئ، فإنه لن يكون أجزاء مفردة من الفطيرة التامة ولكنه سيكون خطوات مفردة فى طريقة صنع الفطيرة.

والآن، فنحن حتى وقتنا هذا لا نفهم كل شئ، أو حتى معظم الأشياء، عن طريقة نمو الحيوانات من البيضة المخصبة. ومع ذلك، فإن ثمة دلائل قوية جدا على أن الجينات تشبه الوصفة إلى حد أكبر كثيرا من أن تشبه طبعة المخطط زرقاء. والحقيقة أن التمثيل مع الوصفة هو الأولى فى الواقع بأن يكون التمثيل الجيد، بينما التمثيل مع الطبعة الزرقاء للمخطط لهو خطأ فيما يكاد يكون كل التفاصيل وإن كان كثيرا ما يستخدم بلا تفكير فى كتب المراجع الابتدائية، وخاصة الحديث منها. فالنمو الجنينى هو سياق. إنه تتال مرتب من الأحداث، مثل طريقة صنع الفطيرة، فيما عدا أن هناك خطوات أكثر بالملايين فى هذا السياق، كما أن ثمة خطوات مختلفة تجرى متزامنة فى أجزاء كثيرة مختلفة من «الطبق». ومعظم الخطوات تتضمن تكاثرا خلويا، يولد عددا هائلا من الخلايا، بعضها يموت، والبعض الآخر منها ينضم مع البعض ليشكل الأعضاء، والأنسجة، والبنيات الأخرى ذات الخلايا الكثيرة. وكما رأينا فى فصل سابق كيف أن سلوك خلية «معينة» لا

يعتمد على الجينات التى تحويها ـ لأن كل خلايا الجسد تحوى نفس مجموعة الجينات ـ ولكنه يعتمد على أى مجموعة فرعية من الجينات هى التى يتم تشغيلها فى هذه الخلية. وفى أى مكان معين من الجسد النامى، عند أى وقت بعينه أثناء النمو، يتم فحسب تشغيل أقلية من الجينات. وفى الأماكن المختلفة من الجنين، عند الأوقات المختلفة أثناء النمو، فإنه يتم تشغيل مجموعات أخرى من الجينات. وهكذا فإن تشيغل جينات معينة بالضبط فى أى خلية بعينها عند أى وقت بعينه، يعتمد على الظروف الكيميائية فى تلك الخلية. وهذا بدوره يعتمد على الظروف السابقة فى ذلك الجزء من الجنين.

وفوق ذلك فإن التأثير الذى يكون لأحد الجينات عندما «يحدث» تشغيله يعتمد على ما يكون هنالك فى هذا الجزء المحلى من الجنين مما سيتم التأثير فيه. فالجين الذى يتم تشغيله فى الخلايا التى فى قاعدة الحبل الشوكى فى ثالث أسبوع من النمو يكون له تأثير مختلف تماما عن تأثير الجين نفسه عندما يتم تشغيله فى خلايا الكتف فى الأسبوع السادس عشر من النمو. وهكذا فإن تأثير الجين، إن كان له أى تأثير،«ليس» بخاصة بسيطة للجين نفسه. ولكنه خاصة للجين وهو فى تفاعل مع التاريخ الحديث للبيئة المحيطة به محليا فى الجنين. وهذا يجعل فكرة أن الجينات لها أى مشابهة بطبعة زرقاء لمخطط الجسم فكرة هراء. والشئ نفسه لو تذكرت، كان يصدق أيضا على بيومورفات الكمبيوتر.

وإذن فليس هناك خريطة فيها تناظر الواحد بالواحد بين الجينات وأجزاء الجسم، بما هو أكثر من وجود خريطة تناظر بين كلمات الوصفة وكسرات الفطيرة. والجينات إذا أخذت معا، فإنها يمكن النظر إليها كمجموعة من التعليمات لتنفيذ سياق، تماما مثلمها تكون الكلمات فى الوصفة عندما تؤخذ معا، بمثابة مجموعة من التعليمات لتنفيذ سياق. ولعلنا قد تركنا القارئ الآن وهو يتساءل كيف يمكن لعلماء الوراثة فى هذه الحالة أن يكسبوا عيشهم. كيف يمكن قط الحديث عن جين للأعين الزرقاء، أو جين لعمى الألوان، دع عنك إجراء أبحاث عنها؟ أليست الحقيقية ذاتها من أن علماء الوراثة يستطيعون دراسة تأثيرات جينات مفردة هكذا، فيها ما يدل على أنه «يوجد» حقا نوع ما من خريطة بجين معين/ لجزء معين من الجسم؟ أليس فى ذلك ما يفنّد كل شئ كنت أقوله عن أن مجموعة الجينات هى وصفة للجسد النامى؟ كلا مطلقا؟ من المؤكد أن الأمر ليس كذلك، ومن المهم أن نفهم السبب.

لعل أحسن طريقة لإدراك ذلك هى أن نعود وراءا إلى مثال الوصفة. فمما سنتفق عليه أنك لا تستطيع تقسيم الفطيرة إلى مكوناتها من كسرات وتقول «هذه الكسرة تناظر أول كلمة فى الوصفة، وتلك الكسرة تناظر الكلمة الثانيه فى الوصفة»، الخ. وبهذا المعنى فإنه مما سنتفق عليه أن الوصفة كلها تطابق الفطيرة كلها. ولكن لنفرض الآن أننا غيرنا كلمة واحدة فى الوصفة؛ لنفرض مثلا أننا أزلنا كلمة «مسحوق الخبيز» أو غيرناها إلى «الخميرة». ثم خبزنا مائة فطيرة حسب النسخة الجديدة للوصفة، ومائه فطيرة حسب النسخة القديمة للوصفة. سيكون هناك اختلاف رئيسى بين مجموعتى الفطائر، وهذا «الاختلاف» يرجع إلى اختلاف كلمة واحدة فى الوصفتين. ورغم أنه ليس هناك خريطة من تناظر الواحد بالواحد بين الكلمات وكسر الفطيرة، فإن هناك تناظر الواحد بالواحد بين «اختلاف» الكلمة و«اختلاف» الفطيرة ككل. فمسحوق الخبيز لا يناظر أى جزء بعينه من الفطيرة: إن مفعوله يؤثر فى التخمر، وبالتالى فى الشكل النهائى للفطيرة ككل. ولو حذفنا«مسحوق الخبيز» أو استبدلنا به «الدقيق» فإن الفطيرة لن تتخمر. ولو استبدلنا به «الخميرة» فإن الفطيره ستتخمر ولكن طغمها سيكون أشبه بالخبز. وسيكون ثمة اختلاف مميز مؤكد بين الفطائر التى حبزت حسب النسخه الأصلية وتلك التى خبزت حسب النسخ «الطافرة» للوصفة، حتى ولو لم يكن ثمة «قطعة» معينة من أى فطيرة تناظر الكلمات التى يبحث أمرها. وهذا تماثل جيد لما يحدث عندما يطفر أحد الجينات.

بل وثمة تماثل أفضل، ذلك أن الجينات تمارس تأثيرات كمية والطفرات تغير من قدركم هذه التأثيرات، وتمثيل ذلك هو بتغيير درجة الحرارة من ٣٥٠ درجة إلى ٤٥٠ درجة. فالفطائر عندما تخبز حسب نسخة الوصفة «الطافرة» ذات الحرارة الأعلى ستكون النتيجة فى النهاية أنها تختلف ليس فحسب فى جزء منها، بل فى كل مادتها، عن الفطائر التى تخبز حسب النسخة الأصلية ذات الحرارة الأدنى. على أن التماثل ما زال أبسط مما يجب. فحتى نمثل «خبز» الطفل، ينبغى ألا نتخيل سياق واحد فى فرن واحد، وإنما شبكة من سيور ناقلة، تمرر أجزاءا مختلفة من الطبق من خلال عشرة ملايين من الأفران المصغرة المختلفة، بالتتالي وبالتوازى، وكل فرن يخرج مجموعة مختلفة من النكهات المولفة من ١٠,٠٠٠ مكون أساسى. والنقطة الرئيسية فى مثال الطهى، من أن الجينات ليست طبعة مخطط زرقاء وإنما هى وصفة لسياق، لهى نقطة تظهر خلابة فى هذه النسخة المركبة للمثال بصورة أقوى حتى من النسخة البسيطة.

والآن فقد حان الوقت لتطبيق هذا الدرس على مسألة توارث الخصائص المكتسبة. إن الأمر المهم عند بناء شئ ما من الطبعة الزرقاء للمخطط، إذ تقارن بالوصفة، هو أن السياق فى الطبعة يكون «قابلا للانعكاس». فلو أن لديك منزلا، سيكون من السهل إعادة تكوين الطبعة الزرقاء للمخطط. فما عليك إلا أن تقيس كل أبعاد المنزل لترسمها مصغرة. ومن الواضح أنه إذا كان يلزم للمنزل أن «يكتسب» أى خصائص ـ كأن يهدم مثلا جدار داخلى لإعطاء مسقط مفتوح أرضى ـ فإن «طبعة المخطط الزرقاء المعكوسة» ستسجل بأمانة هذا التعديل. ولو كانت الجينات توصيفا للجسد البالغ لكان الأمر بمثل ذلك تماما. فلو أن الجينات كانت طبعة مخطط زرقاء، لكان من السهل أن نتخيل أن أى خاصية قد اكتسبها الجسم خلال حياته ستتم ترجمتها بأمانة إلى الشفرة الوراثية، وبالتالى تمرر إلى الجيل التالى. ولكن إبن الحداد فى الواقع لا يستطيع أن يرث نتائج ممارسة أبيه. وسبب ذلك أن الجينات ليست طبعة مخطط زرقاء. وإنما هى وصفة، وهكذا فإن ذلك من غير الممكن. ونحن لا نستطيع أن نتخيل أن الخصائص المكتسبة هى مما يورث، بمثلما لا نستطيع أن نتخيل التالى: ثمة فطيرة قد قطعت منها شريحة واحدة. والآن فإن توصيف هذا التعديل يضاف بالتغذية المرتدة إلى الوصفة، فتتغير الوصفة على نحو ينتج عنه أن الفطيرة التالية التى تخبز حسب الوصفة المعدلة تخرج من الفرن وقد نقص منها بالفعل على نحو متقن شريحة واحدة.

واللامركيون مغرمون تقليديا بالجسآت، فهيا بنا نستخدم هذا المثل. سنفترض أن لدينا كاتب بنك يداه لينتان مرفهتان فيما عدا جسأة خشنة على الإصبع الأوسط ليده اليمنى، إصبعه الذى يكتب به. فإذا كانت أجيال سلالته كلها تكثر من الكتابة، فإن اللامركيين سيتوقعون أن الجينات التى تتحكم فى نمو الجلد فى هذه المنطقة سوف تتغير بطريقة ينتج عنها أن تتم ولادة الأطفال وقد خشن عندهم بالفعل الإصبع الملائم. ولو كانت الجينات طبعة مخطط زرقاء لكان هذا سهلا. فسوف يكون هناك جين «لكل» ملليمتر مربع من الجلد (أو الوحدة الصغيرة المناسبة). وسوف يتم «مسح» كل سطح جلد كاتب البنك البالغ، ويتم بحرص تسجيل خشونة كل ملليمتر مربع، ويغذى ذلك تغذية مرتدة للجينات الخاصة «لهذا» المليمتر المربع بعينه، وبالذات للجينات الملائمة فى حيواناته المنوية.

ولكن الجينات ليست طبعة مخطط زرقاء. وليس هناك بأى معنى جين «لكل» ملليمتر

مربع. وليس هناك بأى معنى جسم بالغ يمكن مسحه وتغذية توصيفه تغذية مرتدة للجينات. ولا يمكن «البحث» عن «إحداثيات» الجسأة فى السجل الوراثى وتغيير الجينات «الملائمة». فالنمو الجنينى هو سياق، تساهم فيه كل الجينات العاملة؛ سياق عندما يتم اتباعه اتباعا صحيحا فى الاتجاه الأمامى، سينتج عنه جسد بالغ؛ ولكن هذا السياق هو فطريا بطبيعته نفسها غير قابل للانعكاس. إن توارث الخصائص المكتسبة ليس فقط مما «لا» يحدث: بل إنه مما «لا يمكن» حدوثه فى أى شكل للحياة يكون نموه الجنينى بالتخلق المتعاقب وليس بالتخلق المسبق. وأى بيولوجى يناصر اللاماركية، رغم أنه قد يصدمه سماع التالى، إلا أنه بالتضمين يناصر علما لنمو الأجنة ينتمى للمذهب الذرى، الحتمى، الردى. ولا أريد أن أثقل على القارئ العام بهذا الصنف الصغير من كلمات الرطانة المتعالية(*): إننى فحسب لم أستطع مقاومة الوجه الساخر الناجم عن أن البيولوجيين الذين يقتربون اليوم أوثق الاقتراب من التعاطف مع اللامركية يتفق أيضا أنهم بالذات مغرمون باستخدام هذه الكلمات المنحرفة ذاتها فى نقد الآخرين.

وهذا لا يعنى القول بأنه قد لا يوجد فى مكان ما من الكون بعض نظام غريب للحياة «يكون» نمو الأجنة فيه حسب مذهب التخلق السبقى؛ شكل من الحياة يكون له حقا «وراثيات الطبعة الزرقاء للمخطط»، وبالتالى فإنه يستطيع فى الواقع أن يورث الخصائص المكتسبة. وكل ما أوضحته حتى الآن هو أن اللامركية لا تتفق مع علم نمو الأجنة كما نعرفه. ودعواى فى مستهل هذا الفصل كانت أقوى من ذلك: وهى أنه حتى لو كانت الخصائص المكتسبة مما «يمكن» توريثه، فإن النظرية اللامركية تظل غير قادرة على تفسير التطور التكيفى. وهذه الدعوى من القوة بحيث أنها مقصود بها أن تنطبق على كل أشكال الحياة، فى كل مكان من الكون. وهى تتأسس على خطين من الاستدلال، أحدهما يختص بصعوبات تتعلق بمبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام، والآخر يختص بمشاكل أخرى بشأن توارث الخصائص المكتسبة. وسوف أتناولهما بعكس الترتيب.

إن مشكلة الخصائص المكتسبة هى أساسا كالتالى. قد يكون كل شئ صالح لوراثه الخصائص المكتسبة، ولكن الخصائص المكتسبة ليست كلها من التحسينات. والحقيقة فإن

(*) يشير المؤلف هنا إلى آراء بعض البيولوجيين الذين انتقدوا نظرياته لما فيها من حتمية بيولوجيه وردّية كما ورد مثلا فى كتاب «ليس فى جيناتنا» لستيفن روز وآخرين. (المترجم).

الأغلبية العظمى منها هى إصابات. ومن الواضح أن التطور لن يمضى فى الإتجاه العام للتحسين التكيفى لو أن الخصائص المكتسبة كان يتم توارثها بلا تمييز: فتمرر السيقان المكسورة، وندوب الجدرى خلال الأجيال بنفس القدر الذى تمَّرر به الأرجل المخشنة والجلد المصبوغ. ومعظم الخصائص التى تكتسبها أى ماكينة بتزايد عمرها تنزع لأن تكون تراكمات لما أفسده الزمان: فهى تبلى.ولو أن هذه التراكمات جمعت معا بطريقة ما من عملية مسح وغذيت فى طبعة المخطط الزرقاء للجيل التالى، لأصبحت الأجيال المتتالية أكثر وأكثر عجزا. وبدلا من أن يبدأ كل جيل جديد بداية جديدة بطبعة مخطط زرقاء جديدة، فإنه سيبدأ الحياة مثقلا ومليئا بالندوب مما تراكم من عطب وجروح الأجيال السابقة.

وليست هذه المشكلة مما لا يذلل بالضرورة. فمما لا ينكر أن بعض الخصائص المكتسبة هى تحسينات، ومما يمكن تصوره نظريا أن ميكانيزم التوارث قد يميز على نحو ما التحسينات عن الإصابات. ولكننا عندما نتساءل عن الكيفية التى قد يعمل بها هذا التمييز، فإننا وقتها نكون موجّهين إلى السؤال عن السبب فى أن بعض الخصائص المكتسبة «تكون» أحيانا تحسينات. لماذا مثلا، تصبح فعلا مناطق الجلد المستخدمة، مثل باطن قدم عداء عارى القدمين، أسمك وأخشن؟ وفيما يظهر فإن الأمر الذى يبدو أنه أكثر احتمالا هو أن يصبح الجلد أقل سمكا: ففى معظم الماكينات يقل سمك الأجزاء المعرضة لأن تبلى مع الاستخدام، وذلك لسبب واضح هو أن بليها يزيل الجسيمات بأولى من أن يضيف إليها.

والداروينى عنده بالطبع إجابة جاهزة لذلك. فالجلد الذى يتعرض لأن يبلى بالاستعمال يصبح أسمك، لأن الانتخاب الطبيعى فى ماضى الأسلاف قد حدد أولئك الأفراد الذين اتفق أن جلدهم يستجيب لبلى الاستخدام بهذه الطريقة المفيدة. وبالمثل فإن الانتخاب الطبيعى يحبذ أولئك الأفراد من الأجيال السالفة الذين اتفق أنهم يستجيبون لضوء الشمس بأن يصبحوا سمرا. والداروينى ينادى بأن السبب الوحيد لأن الأقلية من الخصائص المكتسبة هى التى تكون من التحسينات هو أن ثمة أساسا لذلك من سابق الانتخاب الداروينى. وبكلمات أخرى فإن النظرية اللامركية لا تستطيع تفسير التحسين التكيفى فى التطور إلا لو كان الأمر وكأنها تمتطى صهوة النظرية الداروينية. وبافتراض أن الانتخاب الداروينى

موجود ها هنا فى الخلفية ليؤكد أن بعض الخصائص المكتسبة هى ذات فائدة، وليزود بميكانزم لتمييز ما هو مفيد عما هو ضار من المكتسبات، فإن توارث الخصائص المكتسبة قد يؤدى، فيما يمكن تصوره، إلى بعض تحسين تطورى. ولكن «التحسين»، بما هو عليه هكذا، يرجع كله إلى الأساس الداروينى. فنحن مجبرون على الرجوع إلى الداروينية حتى نفسر الوجه التكيفى من التطور.

ويصدق الشئ نفسه على نوع من التحسينات المكتسبة يكاد يكون أهم مما سبق، وهو تلك التحسينات التى نجمعها معا تحت عنوان التعلم. فالحيوان أثناء سياق حياته يصبح أكثر مهارة فى العمل على كسب عيشه. فيتعلم ما الذى يكون صالحا له وما الذى لا يكون. ويختزن مخه مكتبة كبيرة من المعلومات عن عالمه، وعن أى الأفعال تتجه إلى أن تؤدى إلى النتائج المطلوبة وأيها يؤدى إلى النتائج غير المطلوبة. وبالتالى فإن الكثير من سلوك الحيوان يندرج تحت عنوان الخصائص المكتسبة، والكثير من هذا النوع من الاكتساب ـ التعلم ـ يستحق حقا بالفعل لقب التحسين. ولو أمكن للوالدين بطريقة ما أن يسجلوا على جيناتهم الحكمة المستقاة من خبرة الزمن الذى عاشوه، بحيث أن ذريتهم تولد وقد تواجد فيها جبليا مكتبة من الخبرة المنجزة، وهى مهيأة للاعتماد عليها، فإن أفراد هذه الذرية سوف يستطيعون بدء الحياة بوثبة متقدمة.فالتقدم التطورى قد تزيد سرعته حقا لو أن الحكمة والمهارات التى يتم تعلمها كانت تنضم أتوماتيكيا إلى الجينات.

ولكن هذا كله يفترض مسبقا أن تغيرات السلوك التى نسميها التعلم هى حقا تحسينات. فلماذا «ينبغى» لها بالضرورة أن تكون تحسينات؟ إن الحيوانات بالفعل، وكأمر واقع، تتعلم أن تفعل ما هو صالح لها بدلا من أن تفعل ما هو ضار بها، ولكن لماذا؟ إن الحيوانات تنزع إلى تجنب الأفعال التى أدت إلى الألم فيما مضى. ولكن الألم ليس مادة. فالألم فحسب هو ما يعامله المخ على أنه ألم. ومن حسن الحظ فى الحقيقة أن هذه الأحداث التى تعامَل على أنها مؤلمة، كما مثلا عند اختراق سطح الجسم اختراقا عنيفا، يتفق أيضا أنها هى تلك الأحداث التى تنزع إلى تهديد بقاء الحيوان. على أننا يمكننا بسهولة تخيل جنس من الحيوانات التى «تستمتع» بالإصابة وبالأحداث الأخرى التى تهدد بقاءها؛ جنس من الحيوانات قد بنى مخها بحيث يستمتع بالجراح، ويحس بالألم من

من تلك المثيرات التي من مثل مذاق الطعام المغذى، والتي تبشر بما يصلح لبقائها. وسبب أننا فى الحقيقة لا نرى مثل هذه الحيوانات الماسوشية فى العالم هو السبب الداروينى من أن الأجداد الماسوشيين هم لأسباب واضحة ما كانوا ليبقوا ليتركوا سلالة ترث ماسوشيتهم. ولعله يمكننا بالانتخاب المصطنع، داخل أقفاص وثيرة وتحت ظروف مرفهة حيث يصبح بقاء الحيوان مضمونا بواسطة فرق من البيطريين والملاحظين، يمكننا أن نربى جنسا من الماسوشيين بالوراثة. أما فى الطبيعة، فإن ماسوشيين كهؤلاء لن يبقوا، وهذا هو السبب الأصلى فى أن التغيرات التى نسميها التعلم تنزع لأن تكون تحسينات وليست العكس. ها نحن قد وصلنا ثانية إلى استنتاج أنه لا بد من وجود أساس داروينى لتأكيد أن الخصائص المكتسبة هى مفيدة.

هيا الآن نلتفت إلى مبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام. يبدو فعلا أن هذا المبدأ يكاد يكون صالحا للعمل بالنسبة لبعض أوجه التحسينات المكتسبة. وهذا كقاعدة عامة لا تعتمد على تفاصيل خاصة. وتقول هذه القاعدة ببساطة أن «أى جزء من الجسم يُستخدم كثيرا ينبغى أن ينمو إلى حجم أكبر؛ وأى جزء لا يستخدم ينبغى أن يصبح أصغر أو حتى أن يذوى تماما». وحيث أنه يمكننا أن نتوقع أن الأجزاء المفيدة من الجسم (وبالتالى التى يفترض أنها أجزاء مستخدمة) هى بعامة ستستفيد من زيادة حجمها، بينما الأجزاء غير المفيدة من الجسم (وبالتالى التى يفترض عدم استخدامها) يمكن أيضا ألا يكون لها وجود على الإطلاق، فإنه يبدو فعلا أن هذه قاعدة لها شئ من الجدارة بعامة. ومع كل فإن هناك مشكلة كبيرة بشأن مبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام. وهى أنه حتى لو لم يكن ثمة اعتراض آخر عليها، فإنها أداة أخشن كثيرا من أن تكون هى التى تشكل تلك التكيفات الرهيفة رهافة خلابة التى تراها بالفعل فى الحيوانات والنباتات.

وإذا كانت العين مثلا مفيدا فيما سبق، فلماذا لا تكون كذلك ثانية؟ تصور كل تلك الأجزاء العاملة المتشابكة المتعاونة: العدسة بشفافيتها النقية، تصحيحها للون وتصحيحها للتشوهات الكروية؛ ثم العضلات التى تستطيع فى التو ضبط بؤرة العدسة على أى هدف على مسافة بدأ من بوصات قليلة حتى الما لا نهاية؛ وحجاب القزحية أو ميكانزم

«التحكم فى الضوء»، الذى يقوم باستمرار بالضبط الدقيق لحدقة العين، بمثل ما فى آلة التصوير التى يدخل فى بنيتها مقياس للضوء وكمبيوتر سريع متخصص؛ والشبكية بما تحويه من ١٢٥ مليونا من الخلايا الضوئية ذات الشفرة اللونية؛ والشبكة الرهيفة للأوعية الدموية التى تغذى كل جزء من الماكينة بالوقود؛ بل والشبكة الأرهف للأعصاب ـ مرادفات الأسلاك الموصلة والرقائق الالكترونية. أبق فى ذهنك كل هذا التركب المنحوت فى رهافة، ثم اسأل نفسك إذا كان يمكن أن يجمع هذا معا بواسطة مبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام. والإجابة كما يبدو لى هى «لا» واضحة. فالعدسة فيها شفافية تصحيح للانحرافات الكروية واللونية. هل يمكن أن يتأتى ذلك بمحض «الاستخدام»؟ هل يمكن غسل العدسة حتى النقاوة بواسطة كم الفوتونات التى تنصب من خلالها؟ هل تكون العدسة أفضل لأنها تستخدم، أى لأن الضوء قد مر من خلالها؟ بالطبع لا. فلماذا حقا ينبغى أن تكون كذلك؟ هل تقوم خلايا الشبكية بفرز أنفسها إلى أنواع ثلاثة فى حساسيتها للون، لمجرد أنها تقذف بضوء من ألوان مختلفة؟ ومرة أخرى لماذا ينبغى لها حقا أن تكون كذلك؟ أما عضلات البؤرة فإنها ما إن توجد، حتى يصبح من الحقيقى أن سيجعلها استخدامها تنمو لتصبح أكبر وأقوى؛ ولكن هذا فى حد ذاته لن يجعل الصور تقع فى بؤرة أدق. والحقيقة أن مبدأ الاستخدام وعدم الاستخدام يعجز عن أن يشكل من التكيفات إلا أشدها فجاجة وأقلها تأثيرا.

ومن الناحية الأخرى فإن الانتخاب الداروينى لا يجد صعوبة فى أن يفسر كل تفصيل دقيق. إن الإبصار الجيد للعين، قد يكون فيه، على نحو صحيح وصادق بأدق التفاصيل ،مسألة حياة أو موت بالنسبة للحيوان. والعدسة التى يتم لها بصورة صحيحة ضبط بعدها البؤرى وتصحيحه إزاء الانحراف، قد يكون فيها هكذا الفارق كله بالنسبة لطائر سريع الطيران كالسمامة، الفارق بين أن تصطاد ذبابة أو أن تصطدم بصخرة. وحجاب القزحية الذى أجيد صنعه بحيث يحجب الضوء سريعا عندما تبزغ الشمس، قد يكون فيه الفارق كله بين رؤية المفترس فى الوقت المناسب للهرب، وبين الانبهار بالضوء للحظة قاتلة. وأى تحسن فى فاعلية العين، مهما كان خفيا ومهما كان دفينا فى الأنسجة الداخلية، فإنه يمكنه أن يساهم فى بقاء الحيوان ونجاح تكاثره وبالتالى فى نشر الجينات

التى صنعت التحسين. وإذن فإن الانتخاب الداروينى يستطيع أن يفسر تطور التحسين. والنظرية الداروينية تفسر تطوير جهاز ناجح للبقاء، كنتيجة مباشرة لذات نجاحه. واقتران التفسير بما هو سيفسَّر، لهو اقتران مباشر ومفصل.

والنظرية اللاماركية من الناحية الأخرى تعتمد على اقتران مفكك فج: القاعدة بأن أى شئ يكثر استخدامه سيكون أفضل لو كان أكبر. ويصل هذا إلى الاعتماد على علاقة ارتباط بين حجم العضو وفاعليته. وإذا كانت هناك علاقة هكذا، فمن المؤكد أنها ضعيفة أقصى الضعف. والنظرية الداروينية تعتمد بالفعل على علاقة ارتباط بين ما للعضو من «فعالية» هو وفاعليته: وهى علاقة ترابط كاملة بالضرورة! وهذا الضعف فى النظرية اللاماركية لا يعتمد على حقائق تفصيلية حول الأشكال المعينة للحياة التى نراها على هذ الكوكب. وإنما هو ضعف عام ينطبق بالنسبة لأى نوع من التركب التكيفى، وإنى لأعتقد أنه ينطبق ولا بد بالنسبة للحياة فى أى مكان فى الكون، مهما كان مدى مخالفة وغرابة تفاصيل تلك الحياة.

وإذن فإن تفنيدنا للاماركية فيه نوع من تدميرها. فأولا، فإن زعمها الأساسى بتوارث الخصائص المكتسبة يبدو زائفا فى كل أشكال الحياة التى درسناها. وثانيا، فهو ليس وحسب زائفا، وإنما «لابد» أيضا من أن يكون زائفا فى أى شكل من الحياة يعتمد على نمو أجنّة من نوع الخلق المتعاقب (الوصفة) بدلا من نوع التخلق السبقى (طبعه التصميم الزرقاء)، ويشمل هذا كل أشكال الحياة التى درسناها. وثالثا، حتى لو كانت مزاعم النظرية اللاماركية صادقة، فإن النظرية من حيث المبدأ، وبسبب من عاملين منفصلين تماما، هى غير قادرة على تفسير تطور التركب التكيفى الجدّى، ليس فحسب على هذه الأرض وإنما فى أى مكان من الكون. وإذن فليس الأمر أن اللاماركية نظرية منافسة للنظرية الداروينية يتفق أنها نظرية خطأ. فاللاماركية ليست مطلقا منافسة للداروينية. بل هى ليست «مرشحة» جدّيا لتفسير تطور التركب التكيفى. فهى مدانة من بادئ الأمر كمنافس بالإمكان للداروينية.

وثمة نظريات أخرى قليلة قدمت، بل ولا تزال تقدم أحيانا، كبدائل للانتخاب الداروينى. ومرة أخرى سوف أبين أنها ليست مطلقا بدائل جدية حقا. وسوف أبين

(والأمر واضح حقا) أن هذه «البدائل» ـ «الحيادية» و «الطفرية»، وهلم جرا ـ قد تكون أو لا تكون مسئولة عن بعض نسبة مما يلاحظ من تغير تطورى، ولكنها لا يمكن أن تكون مسئولة عن التغير التطورى «التكيفى»، أى التغير فى اتجاه بناء أدوات محسّنة للبقاء، مثل الأعين، والآذان، ومفاصل المرفق، وأدوات قياس البعد بالصدى. وبالطبع فإن قدرا كبيرا من التغير التطورى قد يكون غير تكيفى، وفى هذه الحالة فإنه يمكن لهذه النظريات البديلة أن تصبح مهمة فى أجزاء من التطور، ولكنها فقط الأجزاء المملة من التطور، وليست الأجزاء المختصة بما هو خصوصى للحياة إذ تقارن باللاحياة. ويتضح هذا بصفة خاصة فى حالة النظرية الحيادية عن التطور. وهذه نظرية لها تاريخ طويل، ولكنها يسهل فهمها بالذات فى مظهرها الجزيئى الحديث الذى انتشرت فيه انتشارا واسعا بواسطة عالم الوراثة اليابانى العظيم موتو كيمورا، الذى يتفق أن أسلوب نثره الانجليزى هو مما يُخجل الكثيرين من المتحدثين الوطنيين.

وقد سبق أن التقينا لقاءا وجيزا بالنظرية الحيادية. والفكرة، كما ستتذكر، هى أن النسخ المختلفة لنفس الجزئ، التى تختلف فى التتابع الدقيق لأحماضها الأمينية، كما مثلا فى نسخ جزئ الهيموجلوبين، هى بالضبط نسخ صالحة للعمل إحداها مثل الأخرى. ويعنى هذا أن الطفرات من نسخة بديلة من الهيموجلوبين إلى الأخرى هى «محايدة» طالما يتعلق الأمر بالانتخاب الطبيعى. والحياديون يعتقدون أن الأغلبية العظمى من التغيرات التطورية على مستوى الوراثيات الجزيئية، هى تغيرات محايدة ـ «عشوائية» فيما يتعلق بالانتخاب الطبيعى. وثمة مدرسة أخرى من علماء الوراثة تسمى الانتخابيون، وهم يعتقدون أن الانتخاب الطبيعى قوة فعالة حتى على المستوى التفصيلى عند كل نقطة على سلاسل الجزيئات.

ومن المهم التمييز بين سؤالين متميزين. الأول هو السؤال المتعلق بهذا الفصل، عما إذا كانت الحيادية هى بديل للانتخاب الطبيعى كتفسير للتطور التكيفى. والسؤال الثانى، الذى يتميز تماما عن الأول، هو السؤال عما إذا كان أغلب التغير التطورى الذى يحدث فعلا هو تكيفى. وبافتراض أننا نتحدث عن تغير تطورى من أحد أشكال الجزئ إلى شكل آخر، ما مدى احتمال أن هذا التغير قد تأتى من خلال الانتخاب الطبيعى، وما مدى

احتمال أنه تغير محايد قد تأتى من خلال اندفاع عشوائى؟ لقد ثارت معركة عنيفة حول هذا السؤال الثانى بين علماء الوراثة الجزيئية، كان أحد الأطراف فيها يتغلب أولا ثم يتغلب الآخر. ولكن لو اتفق أننا ركزنا انتباهنا على التكيف ـ على السؤال الأول ـ فإن الأمر كله يصبح زوبعة فى فنجان. وبمدى ما يعنينا حينذاك، فإن الطفرة المحايدة قد تكون أيضا غير موجودة، ذلك أنه لا نحن ولا الانتخاب الطبيعى نستطيع رؤيتها. إن الطفرة المحايدة «ليست» مطلقا بطفرة، وذلك عندما يدور تفكيرنا حول السيقان والأذرع والأجنحة والأعين والسلوك! وإذ نستخدم مثال الوصفة مرة ثانية، فإن مذاق الطبق يظل هو نفسه حتى ولو طفرت بعض كلمات الوصفة بنوع جديد من الحروف المطبعية. وبالقدر الذى يعنى من يهتمون منا بالطبق النهائى، فإن الوصفة تظل هى نفسها سواء طُبعت (هكذا) أو (*هكذا*) أو (**هكذا**). وعلماء الوراثة الجزيئية مثلهم كمثل طباعين مدققين. فهم يهتمون بالشكل الفعلى للكلمات التى سجلت بها الوصفات كتابة. والانتخاب الطبيعى لا يهتم بذلك، وينبغى علينا ألا نهتم بذلك عندما نتحدث عن تطور التكيف. أما عندما نشغل بأوجه أخرى من التطور، كأن نشغل مثلا بمعدلات التطور فى السلالات المختلفة، فإن الطفرات المحايدة تصبح موضع اهتمام فائق.

وحتى أكثر الحياديين حماسا سوف يسعد تماما بإبداء موافقته على أن الانتخاب الطبيعى مسئول عن كل التكيف. وكل ما سيقوله هو أن التغير التطورى ليس فى معظمه تكيفا. وهو قد يكون محقا تماما، وإن كانت هناك مدرسة من علماء الوراثة لا توافق على ذلك. ومن الصفوف الجانبية، فإنى لآمل أن ينتصر أنصار النظرية المحايدة، لأن هذا سيسهل جدا تحقيق العلاقات التطورية ومعدلات التطور. على أن كل فرد من الجانبين يتفق على أن التطور الحيادى لا يمكن أن يؤدى إلى تحسين تكيفى، والسبب البسيط لذلك أن التطور المحايد هو بالتعريف تطور عشوائى؛ والتحسين التكيفى هو بالتعريف لا عشوائى. ومرة أخرى ها نحن نفشل فى العثور على أى بديل للانتخاب الداروينى كتفسير لقسمة الحياة التى تميزها عن اللاحياة، أى التركب التكيفى.

ونأتى الآن إلى منافس تاريخى آخر للداروينية ـ النظرية «الطفرية». وهى نظرية من الصعب علينا الآن أن نفهمها، على أنه فى سنوات هذا القرن الأولى عندما تمت تسمية

ظاهرة الطفر لأول مرة، فإنها لم تكن تُعد بمثابة جزء ضرورى من النظرية الدراوينية وإنما عدت نظرية «بديلة» للتطور! وكان ثمة مدرسة من علماء الوراثة سميت مدرسة الطفريين، تضم أسماء مشهورة مثل هوجودى فريس و ويليام بيتسون وكانا من بين الأوائل الذين أعادوا اكتشاف مبادئ مندل عن الوراثة، ثم ويليام جوهانسن مبتكر كلمة الجين، وتوماس هنت مورجان أبو نظرية الكروموزومات للوراثة. ودى فريس بالذات كان متأثرا بقدر التغير الذى يمكن أن تحدثه الطفرة، فكان يعتقد أن الأنواع الجديدة تنشأ دائما من طفرات مفردة كبرى. وكان يعتقد هو وجوهانسن أن معظم التباين «من داخل» النوع ليس وراثيا. وكل أنصار الطفرية كانوا يؤمنون بأن الانتخاب له فى أحسن الأحوال دور ضئيل تطهيرى يقوم به فى التطور. فالقوة الخلاقة حقا هى الطفر نفسه. وكان يتم النظر إلى الوراثيات المندلية، لا بصفتها الدعامة المحورية للداروينية كما هو حالها الآن، وإنما كدعوى نقيضة للداروينية.

ومن الصعب أقصى صعوبة أن تكون استجابة العقل الحديث لفكرة كهذه أى شئ سوى أن يضحك لها، على أننا يجب أن نحذر من ترديد النغمة المتفضلة التى كان يرددها بيتسون نفسه إذ يقول: «أننا نؤيد داروين لما جمعه من الحقائق بما لا يقارن [ولكنه...] بالنسبة لنا لا يعد بعد مرجعا فلسفيا فيما يقوله.إننا نقرأ خطته عن التطور بمثلما نقرأ خطة لوكريتيوس أو لامارك». ويقول مرة أخرى، «إن حدوث تحول لكتل أفراد العشائر بخطوات غير محسوسة يوجهها الانتخاب، لهو أمر لا يقبل التطبيق فى الحقيقة، كما يرى الآن معظمنا، بحيث أننا لا نستطيع إلا أن نعجب لما يظهر على أنصار مثل هذا الفرض من الحاجة إلى الرؤية النافذة، كما نعجب من المهارة الجدلية التى جُعل بها هذا الفرض يبدو وكأنه فرض مقبول، حتى ولو إلى حين». وكان د.أ فيشر هو فوق كل شئ الرجل الذى قلب الموائد وبيّن أن الوراثة المندلية المدققة لهى أبعد من أن تكون الدعوى النقيضة للداروينية، وإنما هى بالفعل فى الجوهر منها.

والطفر ضرورى للتطور، ولكن كيف لأى فرد أن يمكنه قط تصور أنه فيه الكفاية؟ فالتغير التطورى، بعيدا جدا عما يمكن توقعه من الحظ وحده، هو «تحسين». ولو عد

الطفر وكأنه القوة التطورية الوحيدة، فإن مشكلته تتقرر ببساطة كالتالى: كيف يمكن حقا افتراض أن الطفر «يعرف» ما يكون صالحا للحيوان وما لا يكون؟ وبين كل التغيرات المحتملة التى قد تحدث لميكانزم مركب موجود مثل أحد الأعضاء، فإن الأغلبية العظمى منها هى تغيرات تجعل العضو فى حال أسوأ. ولا توجد إلا أقلية ضئيلة من هذه التغيرات هى التى تجعله أفضل. ويجب على كل من يريد المحاجة بأن الطفر، دون انتخاب هو القوة الدافعة لتطور، أن يفسر كيف يتأتى أن تنزع الطفرات إلى ما هو أصلح. بأى نوع من حكمة جبلية غامضة يختار الجسم فعلا أن يطفر فى اتجاه يصبح به أفضل حالا بدلا من أن يصبح أسوأ حالا؟ ولعلك لاحظت أن هذا هو حقا نفس السؤال الذى طرحناه على اللاماركية وإن كان فى ثوب آخر. ولا حاجة إلى القول بأن أنصار الطفرية لم يجيبوا قط عن هذا السؤال. والأمر العجيب أن السؤال لا يكاد يبدو أنه خطر لهم ببال.

وفى وقتنا هذا، فإن هذا كله يبدو لنا، بما لا إنصاف فيه، وكأنه أمر من العبث لأننا قد نُشئنا على الاعتقاد بأن الطفرات «عشوائية». وإذا كانت الطفرات عشوائيه فإنها، حسب التعريف، لا يمكن أن تكون مُوجهة إلى التحسين. ولكن المدرسة الطفرية بالطبع لم تكن تعد أن الطفرات عشوائية. فقد تصوروا أن فى الجسم نزعة جبلية للتغير فى اتجاهات معينة بدلا من اتجاهات أخرى، وإن كانوا قد خلفوا سؤالا بلا إجابة فيما يتعلق بالطريقة التى «يعرف» بها الجسم أى التغيرات ستكون أفضل له مستقبلا .ونحن إذ نحذف هذا الآن كهراء ملغز، فإن من المهم لنا أن نكون واضحين حول ما نعنيه بالضبط عندما نقول أن الطفر عشوائى. فثمة عشوائية وعشوائية أخرى غيرها، والكثيرون يخلطون المعانى المختلفة للكلمة. إن هناك حقا أوجه عديدة لا يكون الطفر فيها عشوائيا. وكل ماأود التصميم عليه هو أن هذه الأوجه «لا» تحتوى على أى شئ يرادف توقع ما يجعل حياة الحيوان أفضل. فلو استخدمنا الطفر بغير الانتخاب، لتفسير التطور، فإننا سنحتاج حقا لشئ ما مرادف لهذا التوقع. وسيكون مما ينور أن نلقى نظرة أبعد إلى المعانى التى يكون بها الطفر عشوائيا ولا يكون بها كذلك.

وأول وجه يكون الطفر فيه لا عشوائيا هو الوجه التالى. إن الطفرات تنـتج عـن

أحداث فيزيائية محددة؛ فهى لا تحدث وحسب تلقائيا. وإنما هى تُحدَث بما يسمى «المطفـرات» (والمطفرات خطرة لأنها كثيرا ما تسبب السرطان) كأشعة إكس، والأشعة الكونية، والمواد المشعة، وبعض كيماويات متنوعة، بل والجينات الأخرى التى تسمى «الجينات المُطفِرة». وثانيا، فإن الجينات التى فى أى نوع لا تتساوى كلها فى احتمال طفرها. وكل موضع على الكوموزومات له «معدله للطفر» الخاص المميز. وكمثل فإن المعدل الذى يَخلق به الطفر جين مرض رقصة هنتنجتون (المماثل لرقصة القديس فيتوس)، الذى يقتل الناس فى السنوات المبكرة من أواسط العمر، هو معدل يقرب من ١ فى ٢٠٠,٠٠٠. والمعدل المناظر للودانة(*) (متلازمة التقزم المألوفة، والتى تتميز بهى كلاب الباست وكلاب الداتشوند(**)، حيث تكون الأذرع والسيقان قصيرة جدا بالنسبة للجسم) هو معدل أكبر من ذلك بعشرة أضعاف. وهذه المعدلات قد قيست تحت ظروف طبيعية. وعندما توجد مطفرات مثل أشعة إكس، فإن كل معدلات الطفر الطبيعية ترتفع عاليا. وبعض أجزاء الكروموزوم التى تسمى «النقط الساخنة» لها معدل عالى لإقلاب Turnover الجينات، أى معدل طفر محلى مرتفع جدا.

وثالثا، فعند كل موضع فوق الكروموزومات، سواء كان من النقط الساخنة أو لم يكن، فإن الطفرات التى فى اتجاهات معينة قد يكون احتمال وقوعها أكثر من الطفرات التى فى الاتجاه المضاد. وهذا يؤدى إلى الظاهرة المعروفة «بضغط الطفر» وهى ظاهرة يمكن أن تكون لها نتائج تطورية. وحتى لو كان هناك لجزئ الهيموجلوبين مثلا شكلان، الشكل ١ والشكل٢، هما شكلان محايدان انتخابيا، بمعنى أنهما. كلاهما متساويان فى صلاحيتهما لحمل الأوكسجين فى الدم، إلا أنه يمكن مع هذا أن يكون وقوع طفرات من ١ إلى ٢ أكثر شيوعاً من الطفرات العكسية من ٢إلى ١. وفى هذه الحالة فإن ضغط الطفر ينزع إلى أن يجعل شكل ٢ أكثر شيوعا من شكل١. ويقال أن ضغط الطفر هو صفر عند موضع كروموزومى بعينه، عندما يكون معدل الطفر أماما عند هذا الموضع متوازنا بالضبط مع معدل الطفر وراءا.

(*) Achondroplasia نقص التعظم الغضروفى مما يؤدى إلى عدم نمو العظام فيظل المريض قزما. (المترجم)
(**) أنواع من الكلاب أطرافها قصيرة بالنسبة لجسدها. (المترجم).

ها نحن الآن يمكننا أن نرى أن ذلك السؤال عما إذا كان الطفر حقا عشوائيا ليس فى الحقيقة بالسؤال التافه. والإجابة عنه تعتمد على ما نفهمه كمعنى لعشوائى. فإذا كنت تأخذ «الطفر العشوائى» على أنه يعنى الطفرات غير متأثرة بأحداث خارجية، فإن أشعة إكس هكذا تفند الرأى القائل بأن الطفر عشوائى. وإذا كنت تتصور أن «الطفر العشوائى» يعنى أن كل الجينات تتساوى فى احتمال طفورها، فإن النقط الساخنة تبين أن الطفر ليس عشوائيا. وإذا كنت تتصور أن «الطفر العشوائى» يعنى أن ضغط الطفر هو صفر عند كل المواضع الكروموزومية، فإن الطفر مرة أخرى ليس عشوائيا. فالطفر لا يكون عشوائيا حقا إلا إذا عرّفت «العشوائية» على أنها «عدم وجود انحياز عام إلى التحسين الجسدى». وكل الأصناف الثلاثة من اللاعشوائية الواقعية التى نظرنا أمرها تعجز أن تحرك التطور فى اتجاه التحسين التكيفى إذ يُقارَن بأى اتجاه آخر هو «عشوائى» (وظيفيا).وثمة نوع رابع من اللاعشوائية يصدق عليه هذا أيضا وإن كان ذلك بما هو أقل وضوحا بدرجة طفيفة. ومن الضرورى أن نبذل فيه بعض وقت قليل لأنه ما زال يحير حتى بعض البيولوجيين المحدثين.

هناك أناس يكون معنى «العشوائى» عندهم هو كما سيلى، وإن كان هذا المعنى فى رأى أنا يكاد يكون معنى شاذا. وسوف أستشهد بغريمين للداروينية (هما ب. سوندرز و م.و.هو) فيما يتصوران أنه ما يؤمن الداروينيون به على أنه «الطفر العشوائى»: «المفهوم الداروينى الجديد عن التباين العشوائى يحمل معه المغالطة الكبرى بأن كل ما يمكن تصوره هو محتمل». «ويُنادَى بأن (كل) التغيرات ممكنة وكلها (محتملة بدرجة متساوية» [الأقواس من عندى]. وواقع الأمر أن الداروينية لا تنادى باعتقاد كهذا، وبصرف النظر عن ذلك فإنى لا أرى كيف يمكن أن نشرع فى جعل عقيدة كهذه «ذات معنى»! فما الذى يمكن أن تعنيه المناداة بأن «كل» التغيرات تتساوى احتمالا؟ «كل» التغيرات؟ وحتى يكون شيئان أو أكثر «محتملين بدرجة متساوية»، فإن من الضرورى أن تكون هذه الأشياء قابلة للتعريف على أنها أحداث متميزة. وكمثل، فإنه يمكننا القول بأن «وجه العملة وظهرها محتملان بدرجة متساوية»، لأن الوجه والظهر حدثان متميزان. أما «كل ما هو ممكن» من تغيرات فى جسم الحيوان فهو ليس لأحداث متميزة بهذا النمط. ولنأخذ الحدثين الممكنين التاليين: «ذيل البقرة يطول ببوصة واحدة»، و«ذيل البقرة يطول

ببوصتين». هل هذان حدثان منفصلان وبالتالى هما «محتملان بدرجة متساوية أنهما فحسب مجرد متغيرات كمية لنفس الحدث؟

من الواضح أنه قد أقيم لمن يتبع الداروينية نوع من الكاريكاتير، فكرته عن العشوائية هى تطرف من هراء، إن لم تكن فى الواقع بلا معنى. وقد استغرقت بعض الوقت حتى أفهم هذا الكاريكاتير، ذلك أنه كان غريبا تماما عن طريقة تفكير الداروينيين التى أعرفها. وأظننى الآن أفهم فعلا هذا الكاريكاتير، وسوف أحاول تفسيره، حيث أعتقد أنه سوف يساعدنا على فهم ما يكمن خلف الشئ الكثير من المعارضة المزعومة الداروينية.

إن التباين والانتخاب يعملان معا لينتجا التطور. ويقول الداروينى أن التباين عشوائى بمعنى أنه ليس موجها للتحسين، وأن النزعة إلى التحسين فى التطور تأتى من الانتخاب. ويمكننا تخيل مدى متصل من المذاهب التطورية، الداروينية فى أحد طرفيه بينما الطفرية فى الطرف الآخر. والطفرى المتطرف يؤمن بأن الانتخاب لا يقوم بأى دور فى التطور. واتجاه التطور يتحدد باتجاه الطفرات التى تطرح. وكمثل، لنفرض أننا سنتناول زيادة حجم المخ البشرى التى حدثت خلال الملايين القليلة الأخيرة من سنين تطورنا. سيقول الداروينى أن التباين الذى طرحه الطفر للانتخاب كان يتضمن بعض أفراد بأمخاخ أصغر، وبعض أفراد بأمخاخ أكبر؛ فحبذ الانتخاب الأخيرين. وسيقول الطفرى أنه كان هناك انحياز فى صف الأمخاخ الأكبر فى ذلك التباين الذى طرحه الطفر؛ فلم يكن ثمة انتخاب (أو ما من حاجة إلى الانتخاب) بعد أن يطرح التباين؛ فالأمخاخ أصبحت أكبر لأن التغير الطفرى كان منحازا فى اتجاه الأمخاخ الأكبر. وكتلخيص للنقطة الرئيسية فإن: التطور فيه انحياز فى صف الأمخاخ الأكبر؛ وهذا الانحياز يمكن أن يأتى بالانتخاب وحده (الرأى الداروينى) أو من الطفر وحده (الرأى الطفرى)؛ ويمكننا تخيل مدى متصل بين وجهتى النظر هاتين، وما يكاد يكون نوعا من المقايضة بين هذين المصدرين المحتملين للانحياز التطورى. أما الرأى الأوسط فهو أن هناك «بعض» انحياز فى الطفرات تجاه ازدياد حجم المخ، وأن الانتخاب يزيد هذا الانحياز عند العشيرة التى تظل باقية.

وعنصر الكاريكاتير يأتى من تصوير ماذا يعنى الداروينى عند القول بأنه ليس هناك انحياز فى التباين الطفرى الذى يطرح للانتخاب. وبالنسبة لى، كداروينى من الحياة الواقعية، فإن

هذا يعنى فحسب أن الطفر لا ينحاز انحيازا منظوما فى اتجاه التحسن التكيفى. أما فى كاريكاتير الداروينى الأضخم بأكبر مما فى الحياة، فإنه يعنى أن كل التغيرات القابلة للتصور هى «محتملة بدرجة متساوية». ولو وضعنا جانبا الاستحالة المنطقية لعقيدة كهذه مما سبق ذكره، فإن كاريكاتير الداروينى يصوره على أنه يعتقد أن الجسم بمثابة طَفْل فيه مرونة إلى ما لا نهاية، ومهيأ لأن يتشكل بالانتخاب المفعم بالقوة إلى أى شكل قد يحبذه هذا الإنتخاب. ومن المهم أن نفهم الفارق بين داروينى الحياة الواقعية هو والكاريكاتير. وسوف نفعل ذلك بلغة لمثل بعينه، هو الفارق بين تكنيكات الطيران عند الخفافيش وعند الملائكة.

تصور الملائكة دائما على أن لها أجنحة تخرج من ظهرها، لتترك ذراعيها بلا عائق من ريش. والخفافيش من الجانب الآخر، هى والطيور والزواحف المجنحة، ليس لها ذراعين مستقلين. فذراعاها السفليان قد أدخلا فى الجناحين، ولا يمكن استخدامها، أو هما مما يستخدمان فقط، بصورة جد خرقاء، لأغراض أخرى مثل إلتقاط الطعام. وسوف نستمع الآن إلى حوار بين داروينى من الحياة الواقعية والكاريكاتير المتطرف لأحد الداروينيين.

* **داروينى الحياة الواقعية:** إنى لأعجب لماذا لم تطوِّر الخفافيش أجنحة مثل أجنحة الملائكة. يمكنك أن تتصور أنهم سيمكنهم الإستفادة من ذراعين حرين. فالفئران تستخدم ذراعيها طول الوقت لالتقاط الطعام وقضمه، أما الخفافيش فتبدو وهى على الأرض خرقاء خرقا فظيعا وهى بغير ذراعين. إنى لأفترض أن إحدى الإجابات عن ذلك قد تكون أن الطفر لم يوفر قط ما يلزم لذلك من التباين. فالأمر فحسب أنه لم يكن هناك قط أى طافرين من جدود الخفافيش لهم براعم أجنحة تخرج من وسط ظهرها.

* **داروينى الكاريكاتير:** هراء. الانتخاب هو كل شئ. إذا كانت الخفافيش ليست لها أجنحة مثل الملائكة، فلا يمكن أن يعنى هذا إلا أن الانتخاب لم يحبذ أجنحة كأجنحة الملائكة. ومن المؤكد إن كان ثمة خفافيش طافرة لها براعم أجنحة تبرز من وسط ظهرها، ولكن الأمر فحسب هو أن الانتخاب لم يحبذها.

* **الواقعى:** حسنٌ. إننى أوافق تماما على أن الانتخاب ربما لم يحبذها لو أنها قد برزت «فعلا». إلا أنه من أحد الوجوه سوف تزيد هذه الأجنحة من وزن

الحيوان ككل، والوزن الزائد لهو ترف لا يمكن أن تتحمله أى آلة طيران. على أنك من المؤكد لا تتصور أنه «أيا» كان ما يحبذه الانتخاب من حيث المبدأ، فإن ما يلزم لذلك من تباين سيوافينا به الطفر دائما؟

* **الكاركاتير:** أكيد إنى لأتصور ذلك. الانتخاب هو كل شئ. أما الطفر فعشوائى.

* **الواقعى:** حسن، نعم إن الطفر عشوائى، ولكن هذا يعنى فحسب أنه لا يستطيع أن ينظر فى المستقبل ليخطط ما سيكون صالحا للحيوان. إنه لا يعنى أن «أى شئ» يكون ممكنا على نحو مطلق. لماذا فى رأيك لا يوجد حيوان يتنفس النار من منخريه كالتنين مثلا؟ ألن يكون ذلك مفيدا فى اصطياد الفريسة وطهيها.

* **الكاريكاتير:** هذا أمر سهل. فالانتخاب هو كل شئ. والحيوانات لا تتنفس نارا لأنها لن تربح شيئا من فعل ذلك. إن الطافرات التى تتنفس النار قد أزيلت بالانتخاب الطبيعى، ربما لأن صنع النار يكلف من الطاقة أكثر مما ينبغى.

* **الواقعى:** لا أعتقد أنه كان هناك قط طافرات تتنفس نارا. ولو كانت قد وجدت لكان من المفروض أنها ستكون عرضة لخطر شديد بأن تحرق نفسها!

* **الكاريكاتير:** هراء، لو كانت هذه هى المشكلة الوحيدة، لكان الانتخاب قد حبذ تطوير منخرين يبطنهما الحرير الصخرى(*).

* **الواقعى:** إنى لا أصدق قط أن أى طفرة قد أنتجت منخرين مبطنين بالحرير الصخرى. ولا أصدق أن الحيوانات الطافرة تستطيع إفراز الحرير الصخرى، بأكثر مما أصدق أن أبقارا طافرة يمكنها القفز إلى القمر.

* **الكاريكاتير:** أى بقرة طافرة تقفز للقمر ستزال توا بواسطة الانتخاب الطبيعى. وكما تعرف فليس هناك أوكسجين فى أعلى.

* **الواقعى:** إنى لأعجب لماذا لم تفترض أبقارا طافرة يتحتم لها وراثيا ملابس فضاء وأقنعة أوكسجين.

(*) Asbestos مادة غير قابلة للاحتراق. (المترجم).

* **الكاريكاتير:** هذه نقطة هامة! حسن، التفسير الحقيقى فيما أفترض لابد وأن يكون أن الأبقار هى وحسب لن تربح شيئا من القفز إلى القمر. ويجب ألا ننسى تكلفة الطاقة للوصول إلى سرعة الخروج من الجاذبية.

* **الواقعى:** هذا عبث.

* **الكاريكاتير:** من الواضح أنك لست داروينيا حقيقيا. ماذا تكون، هل أنت عضو سرى فى حزب الطفريين المنحرفين؟

* **الواقعى:** إذا كان هذا ما تظنه، فإنه ينبغى عليك أن تلاقى طفريا حقيقيا.

* **الطفرى:** أهذا نقاش داخلى للجماعة الداروينية، أو أنه يمكن لأى فرد أن يشارك فيه؟ إن مشكلتكما هى أنكما تعطيان أهمية للانتخاب أكبر كثيرا مما يجب. وكل ما يستطيع الانتخاب أن يفعله هو إزالة ما يكون فادحا من التشوهات والفلتات. فهو لا يستطيع أن ينتج حقا تطورا بناءا. هيا نعود إلى تطور أجنحة الخفافيش. إن ما حدث حقا هو أن هناك طفرات بدأت تظهر فى عشيرة قديمة من الحيوانات التى تسكن الأرض بحيث طالت أصابعهم وظهرت ثنايا جلدية فيما بينها. وبمرور الأجيال، أصبحت هذه الطفرات أكثر وأكثر تواترا، حتى أصبح هناك فى النهاية أجنحة للعشيرة كلها. فالأمر لا علاقة له بالانتخاب. وكل ما هنالك هو تلك النزعة الجبلية فى تكوين الخفاش الجد لأن يطوّر أجنحة.

الواقعى والكاركاتير فى صوت واحد

إلغاز صرف! هيا عد ثانية إلى القرن الماضى الذى تنتمى إليه.

أرجو ألا أكون مدعيا حينما أذهب إلى أن تعاطف القارئ هو ليس مع الطفرى ولا مع كاريكاتير الداروينى. وأنا أزعم أن القارئ يتفق مع داروينى الحياة الواقعية، كما أفعل أنا طبعا. إن هذا الكاريكاتير لا يوجد واقعيا. ولسوء الحظ فإن بعض الناس «يعتقدون» أنه موجود، ويعتقدون أنه حيث أنهم يختلفون معه، فإنهم يختلفون مع الداروينية نفسها.

وهناك مدرسة من البيولوجيين المولعين ببعض قول يشبه التالى: إن مشكلة الداروينية هى أنها تهمل القيود التى يفرضها علم نمو الأجنة. فالداروينيون (وهنا يدخل الكاريكاتير) يعتقدون أنه لو كان الانتخاب يحبذ بعض تغير تطورى مما يمكن تصوره، فسوف يثبت فى النهاية أن التباين الطفرى اللازم لذلك هو أمر متاح. فالتغير الطفرى فى أى اتجاه هو مما يتساوى احتماله: والانتخاب هو ما يزود بالانحياز الوحيد.

على أن أى داروينى من الحياة الواقعية سوف يقر بأنه رغم أن أى جين على أى كروموزوم قد يطفر فى أى وقت، إلا أن نتائج الطفرة على «الأجسام» تحددها بشدة سياقات نمو الأجنة. ولو كان لدى أى شك قط فى ذلك (وأنا ليس لدى)، فإن شكوكى ستتبدد بواسطة التماثلات البيومورفية فى جهازى للكمبيوتر. فأنت لا تستطيع أن تفترض وحسب طفرة من «أجل» إبراز أجنحة من وسط الظهر. فالأجنحة، أو أى شئ آخر، لا تستطيع أن تنشأ إلا إذا سمح بذلك سياق النمو الجنينى. فما من شئ «يبرز» على نحو سحرى. وإنما ينبغى أن يتم صنعه بواسطة عمليات سياق النمو الجنينى. وثمة قلة فحسب من الأشياء التى يمكن تصور نشوءها، وهى تلك التى يتم السماح بها بالفعل بواسطة الحالة الراهنة من سياقات النمو الموجودة. فطريقة نمو الأذرع، هى السبب فى أنه يصبح من الممكن للطفرات أن تزيد طول الأصابع وتسبب نمو ثنيات جلدية بينها. ولكن ربما ليس هناك أى شئ فى نمو ظهر الجنين يمكن أن يسترسل إلى «إبراز» أجنحة ملائكية. وفى وسع الجينات أن تظل تطفر حتى تزرق منها الوجوه، ورغم ذلك فما من حيوان ثديى ستبرز له قط أجنحة مثل الملائكة ، إلا إذا كانت سياقات النمو الجنينى فى الثدييات مستهدفة لهذا النوع من التغير.

والآن، فطالما أننا لا نعرف كل التفاصيل الداخلية والخارجية لطريقة نمو الأجنة، فإن هناك مجالا للخلاف بشأن مدى احتمال أنه قد وجدت، أو لم توجد قط، طفرات معينة متخيلة. وقد يثبت فى النهاية مثلا، أنه ليس هناك شيئا فى نمو الأجنة الثديية يمنع الأجنحة الملائكية، وأن كاريكاتير الداروينى، فى هذه الحالة «بالذات»، كان على حق عندما اقترح أن ثمة براعم تنشأ لأجنة الملائكة ولكن الانتخاب لا يحبذها. أو أنه قد يثبت فى النهاية أننا عندما نعرف المزيد عن نمو الأجنة فسوف نرى أن أجنة الملائكة هى دائما

مما لن يبدأ، وبالتالى فإن الانتخاب ليس لديه قط أى فرصة لتحبيذها. وهناك احتمال ثالث، ينبغى أن نضعه فى القائمة لنستكملها، وهى أن نمو الجنين لا يسمح قط بأى إمكان لأجنحة الملائكة وأن الانتخاب ما كان ليحبذها قط حتى لو كان لها إمكان. على أن ما يجب أن نصمم عليه هو أننا لا نستطيع تحمل تجاهل القيود التى يفرضها نمو الجنين على التطور. وكل الداروينيين الجادين يتفقون على ذلك، إلا أن بعض الناس ما زالوا يصورون الداروينيين وكأنهم ينكرونه. ويثبت فى النهاية أن هؤلاء الناس الذين يضجون كثيرا بأن «قيود النمو» هى فيما يزعم قوة مضادة للداروينية، إنما يخلطون الداروينية بكاريكاتير الدراوينية الذى سخرت من محاكاته فيما سبق.

إن هذا كله قد بدأ بنقاش حول ماذا نعنى عندما نقول أن الطفر «عشوائى». وقد ذكرت ثلاثة أوجه لا يكون الطفر فيها عشوائيا: فهو مما تحدثه أشعة إكس.. الخ؛ ومعدلات الطفر تختلف باختلاف الجينات؛ ومعدلات الطفر أماما ليست مما يجب أن يساوى معدلاته وراءا. وقد أضفنا الآن إلى ذلك وجها رابعا لا يكون الطفر فيه عشوائيا. فالطفر لاعشوائى بمعنى أنه يستطيع أن يحدث تعديلا فحسب فى السياقات «الموجودة» للنمو الجنينى. فهو لا يستطيع أن يسحر، من هواء مجرد، أى تغير قابل للتصور مما قد يحبذه الانتخاب. فالتباين المتاح للانتخاب مقيد بسياقات النمو الجنينى، كما هى موجودة واقعيا.

وثمة وجه خامس «قد» يكون الطفر فيه لاعشوائى. فيمكننا أن نتخيل (وحسب) شكلا من الطفر يكون منحازا انحيازا منظوما فى اتجاه تحسين تكيف الحيوان لحياته. ولكن رغم أننا نستطيع تخيل هذا الأمر، فإن أحدا لم يقترب من طرح أى وسيلة يمكن بها لهذا الانحياز أن يظهر. ومن هذا الوجه الخامس وحده، وجه «مذهب الطفرية»، يصمم دارويني الحياة الواقعية الحقيقى على أن الطفر عشوائى. فالطفر ليس منحازا انحيازا منظوما فى اتجاه التحسين التكيفى، وما من ميكانزم معروف (عند تفسير هذه النقطة باعتدال) يمكن له أن يوجه الطفر إلى اتجاهات تكون لاعشوائية بهذا المعنى الخامس. فالطفر عشوائى من وجهة الفائدة التكيفية، وإن كان لاعشوائيا من كل أنواع الوجوه الأخرى. والانتخاب، والانتخاب وحده هو الذى يوجه التطور إلى اتجاهات هى لاعشوائية فيما يتعلق بالفائدة. والحقيقة أن مذهب الطفرية ليس خطأ فحسب. بل إنه لا يمكن قط أن يكون صوابا. فهو من حيث المبدأ غير قادر على تفسير تطور التحسين. فالطفرية هى واللاماركية ليست مما

يرقى إلى أن يكون منافسا للداروينية له براهين مفنِّدة، وإنما هما لا منافس على الإطلاق.

ويصدق ذلك أيضا على المنافس المزعوم الآخر للانتخاب الدارويني، والذى يناصره عالم كمبردج للوراثة جابرييل دوفر تحت إسم عجيب هو «الدافع الجزيئ» (ولما كان كل شئ قد صنع من الجزيئات فإنه ليس من الواضح لماذا ينبغى أن تستحق عملية السياق التطورى التى يفترضها دوفر أن يكون لها إسم الدافع «الجزيئ» أكثر مما يستحقه أى سياق تطورى غيرها؛ ويذكرنى هذا برجل أعرفه كان يشكو من معدة متمعدة، ويفكر فى الأمور مستخدما عقله العقلى). إن موتوكيموزا هو وغيره من مناصرى النظرية الحيادية للتطور لا يقدمون، كما رأينا، أى دعاوى زائفة لنظريتهم. فليس لديهم أى أوهام حول أن يكون الاندفاع العشوائى منافسا للانتخاب الطبيعى فى تفسير التطور التكيفى. وهم يدركون أن الانتخاب الطبيعى وحده هو الذى يستطيع أن يدفع التطور فى اتجاهات تكيفية. ودعواهم هى ببساطة أن الكثير من التغير التطورى (كما يراه عالم الوراثة الجزيئية) ليس تكيفيا. أما دوفر فلا يقدم لنظريته دعاوى متواضعة هكذا. إنه يعتقد أن فى استطاعته أن يفسر «كل» التطورّ بدون الانتخاب الطبيعى، وإن كان يسلم متكرما بأنه قد يكون هناك «بعض» من الحقيقة فى الانتخاب الطبيعى أيضا!

وخلال هذا الكتاب كله كان ملاذنا الأول عند النظر فى أمور كهذه هو اللجوء إلى مثل العين، وإن كانت العين طبعا هى مجرد ممثل لمجموعة كبيرة من الأعضاء هى أيضا لها من فرط التركب وحسن التصميم ما لا يمكن به أن تظهر بالصدفة. وقد ظللت أحاج على نحو يتكرر بأن الانتخاب الطبيعى وحده هو الذى يكاد يقترب من طرح تفسير معقول للعين البشرية وما يقارن بها من أعضاء هى على أقصى درجة من الكمال والتركب. ولحسن الحظ، فإن دوفر يبرز بوضوح للتحدى، ويطرح تفسيره الخاص لتطور العين. وهو يقول، إفرض أنه يلزم ١٠٠٠ خطوة من التطور حتى تتطور العين من لا شئ. سيعنى هذا أن تتاليا من ١٠٠٠ تغير وراثى يلزم لتحويل رقعة جلد عارية إلى العين. وهذا فيما يبدو لى افتراض مقبول جدلا. وبلغة أرض البيومورف، فإن هذا يعنى أن الحيوان ذو الجلد العارى يبعد بألف خطوة وراثية عن الحيوان ذى الأعين.

والآن، كيف نفسر حقيقة أنه قد تم وحسب تنفيذ المجموعة الصحيحة من الخطوات الألف التى تنتج عنها العين كما نعرفها؟ وتفسير الانتخاب الطبيعى معروف تماما. وبرده

إلى أبسط أشكاله، فإن الطفر سيقدم فى كل خطوة واحدة من الخطوات الألف، عددا من البدائل، ولا يحبَّذ منها إلا واحد لأنه يساعد على البقاء. فالخطوات الألف للتطور تمثل ألفا من نقط الاختيار المتتالية، وعند كل نقطة من هذه تؤدى معظم تلك البدائل إلى الموت. فالتركب التكيفى للعين الحديثة هو المنتج النهائى لألف «اختيار» ناجح فى اللاوعى.فالنوع يتبع دربا معينا خلال متاهة الاحتمالات كلها. وقد كان هناك ١٠٠٠ نقطة تفرع على الدرب، وعند كل نقطة كان من يبقون أحياءا هم أولئك الذين يتفق أنهم يتخذون المنعطف الذى يؤدى إلى تحسين البصر. وهناك على جانب الطريق، تنتثر الأجساد الميتة للفاشلين الذين اتخذوا المنعطف الخطأ عند كل نقطة من نقط الاختيار الألف المتتالية. فالعين التى نعرفها هى المنتج النهائى لتعاقب من ألف «اختيار» انتخابى ناجح.

إن هذا هو تفسير الانتخاب الطبيعى (بإحدى طرائق التعبير عنه) لتطور العين فى ١٠٠٠ خطوة. والآن ماذا عن تفسير دوفر؟ إنه يحاج أساسا بأنه ما من أهمية للاختيارالذى تتخذه السلالة عند كل خطوة: فهى بالتأمل وراءا ستجد استخداما ما للعضو الناتج. وكل خطوة تتخذها السلالة هى حسب ما يقول خطوة عشوائية. وكمثل فإنه عند الخطوة الأولى تنتشر طفرة عشوائية خلال النوع. وحيث أن الخاصية التى تطورت حديثا هى وظيفيا عشوائية، فإنها لا تساعد الحيوان على البقاء. وهكذا، فإن النوع يبحث فى العالم عن مكان جديد أو أسلوب حياة جديد يستطيع فيه أفراد النوع استخدام هذا الملمح العشوائى الجديد الذى فرض على أجسامهم. وإذ يجدون مكانا من البيئة يلاءم ذلك الجزء العشوائى من أجسادهم، فإنهم يعيشون هناك لفترة، حتى تنشأ طفرة عشوائية جديدة وتنتشر خلال النوع. ويصبح الآن على النوع أن يطوف العالم بحثا عن مكان جديد أو أسلوب حياة جديد حيث يمكن لأفراد النوع أن يعيشوا بما لديهم من جزء عشوائى جديد. وعندما يجدونه تكون الخطوة (٢) قد اكتملت. والآن فإن الخطوة (٣) من الطفر العشوائى تنتشر خلال النوع، وهكذا دواليك لألف خطوة يتم فى نهايتها تكوين العين كما نعرفها. ويبين دوفر أن العين البشرية يتفق أنها تستخدم ما نسميه الضوء «المرئى» بدلا من الأشعة تحت الحمراء. ولكن لو أن العمليات العشوائية قد اتفق أنها فرضت علينا عينا حساسة للأشعة تحت الحمراء، فإننا ولا شك كنا سنستخدمها أحسن استخدام، ونجد أسلوبا للعيش يستغل الأشعة تحت الحمراء أكمل استغلال.

وللنظرة الأولى يكون لهذه الفكرة بعض قدر من معقولية مغوية، ولكن هذا فقط للنظرة الأولى جد الوجيزة. والإغواء هنا ناجم عن أسلوب السمترية المحكمة الذى يقلب به الانتخاب الطبيعى رأسا على عقب. فالانتخاب الطبيعى فى أبسط أشكاله يفترض أن البيئة مفروضة على النوع، وأن المتغيرات الوراثية التى تكون أكثر تلاؤما مع تلك البيئة هى التى تبقى. فالبيئة مفروضة والنوع يتطور ليلائمها. و نظرية دوفر تقلب هذا على أم رأسه. فطبيعة النوع هى «المفروضة»، وهى مفروضة فى هذه الحالة بواسطة تعاقبات من الطفر، وغير ذلك من القوى الوراثية الداخلية التى تثير اهتمامه على وجه خاص. ثم يعيّن النوع بعدها من بين مجموع البيئات كلها تلك البيئة الواحدة الأفضل ملاءمة لطبيعته المفروضة.

على أن إغواء هذه السمترية لهو إغواء سطحى حقا. إن هذه الوقوقة العجيبة المبهمة لفكرة دوفر تنكشف مع كل تألقها تو أن نفكر بلغة الأرقام. وجوهر خطة دوفر هو أنه عند كل خطوة من الخطوات الألف، لا يكون من الأمور المهمة أى طريق سينعطف فيه النـوع. وكل ابتكار جديد يبلغه النوع هو وظيفيا عشوائى، والنوع بعد ذلك سوف يجد بيئة ما تناسبه. والمغزى هو أن النوع «سوف يجد» بيئة مناسبة مهما كان الطريق الفرعى الذى يتخذه عند كل تفرع فى الطريق. والآن، هيا فكر فحسب فى عدد البيئات المحتملة التى يدخلنا فيها افتراض ذلك. إن هناك ألف نقطة تفرع. وإذا كانت كل نقطة تفرع مجرد تفرع لفرعين (وهذا فرض متحفظ بالمقارنة إلى ما يتفرع إلى ثلاثة أفرع أو ١٨ فرعا)، فإن العدد الكلى للبيئات القابلة للعيش فيها، والتى يجب من حيث المبدأ أن تكون موجودة حتى تسمح لخطة دوفر بالعمل هو ٢ للأس ١٠٠٠ (فالفرع الأول يعطى طريقين؛ثم يعطى كل فرع من هذين فرعين ليصبح الكل أربعة؛ ثم يتفرع كل فرع من هذه بما يصل إلى ٨؛ ثم ١٦، و ٣٢، و ٦٤،... وهكذا حتى تصل إلى ٢^١٠٠٠). ويمكن كتابة هذا الرقم كواحد يتلوه ٣٠١ من الأصفار. وهذا عدد أكبر كثيرا وكثيرا من العدد الكلى للذرات فى الكون كله.

إن المنافس المزعوم للانتخاب الطبيعى عند دوفر لن يستطيع أبدا أن يعمل، ليس أبدا لمليون سنة فقط بل أبدا لزمن أطول مليون مثلا من أمد وجود الكون، أبدا لمليون كون كل منها يبقى أمدا يصل طوله لمليون ضعف مرة أخرى. ولتلاحظ أن هذا الاستنتاج لا

يتأثر موضوعيا لو أننا غيرنا فرض دوفر الابتدائى عن الألف خطوة اللازمة لصنع العين: فلو أننا خفضناها إلى مائة خطوة لا غير، وهو تقدير بخس فيما يحتمل، فإننا رغم ذلك سنصل إلى استنتاج أن عدد مجموعة البيئات القابلة للعيش والتى يجب أن تكون وكأنها تنتظر فى أقصى تأهب لأن تتلاءم مع أى الخطوات العشوائية التى قد تتخذها السلالة، هو عدد يصل لأكثر من مليون مليون مليون مليون مليون. وهذا رقم أصغر من الرقم السابق، ولكنه ما زال يعنى أن الأغلبية العظمى من «بيئات» دوفر التى تنتظر فى أقصى تأهب سيكون على كل واحدة منها أن تصنع مما يقل عن الذرة الواحدة.

ومما يستحق الشرح، بيان السبب فى أن نظرية الانتخاب الطبيعى ليست عرضة إلى التهاوى فيما يقابل ذلك، بواسطة نسخة من «محاجة الأرقام الكبيرة» هذه. لقد فكرنا فى الفصل الثالث فى كل الحيوانات الواقعية والحيوانات التى يمكن تصورها وهى قابعة فى فضاء فائق مهول. ونحن ها هنا نصنع شيئا مشابها، ولكننا نبسّطه بأن نعتبر أن نقط التفرع التطورية هى ذات فرعين، بدلا من أن تكون ذات ١٨ فرعا. وهكذا فإن مجموع كل الحيوانات المحتملة التى يمكن أن تتطور فى ١٠٠ خطوة تطورية يجثم أفراده على شجرة ماردة، تتفرع وتتفرع بحيث أن العدد الكلى للأغصان النهائية هو واحد يتبعه ٣٠١ من الأصفار. وأى تاريخ تطورى واقعى سيكون من الممكن تمثيله كمسار بعينه من خلال هذه الشجرة الافتراضية. ومن بين كل ما يمكن تصوره من المسالك التطورية، فإن أقلية فحسب هى التى يتم لها أن تحدث قط بالفعل. ويمكننا أن نتصور أن معظم هذه «الشجرة لكل الحيوانات المحتملة» وكأنه مخبوء فى ظلام اللاوجود. وثمة مسارات معدودة هى التى تضيء هنا وهناك من خلال الشجرة المظلمة. وهذه هى المسالك التطورية التى حدثت فعلا، وأيا ما يكون تعدد هذه الأفرع المضيئة إلا أنها رغم ذلك أقلية بالغة الصغر من مجموعة كل الأغصان. والانتخاب الطبيعى هو عملية لها القدرة على أن تختار طريقها من خلال شجرة كل الحيوانات المتصورة، لتجد فحسب تلك الأقلية من المسالك القابلة للعيش. ونظرية الانتخاب الطبيعى ليست مما يمكن مهاجمته بذلك النوع من محاجة الأرقام الكبيرة الذى هاجمت به نظرية دوفر، لأن من صميم نظرية الانتخاب الطبيعى أنها تبتر باستمرار أغلب أغصان الشجرة. فهذا بالضبط هو ما يفعله الاننتخاب الطبيعى. إنه يختار طريقه، خطوة فخطوة، خلال شجرة كل الحيوانات المتصورة، متجنبا ما يكاد يصل

عدده إلى اللانهاية من الأغلبية الكبيرة من الأغصان العقيمة ـ كالحيوانات التى تكون أعينها فى أخمص أقدامها.. الخ ـ تلك التى تضطر نظرية دوفر إلى الإقرار بها، بسبب طبيعة النظرية الغريبة ذات المنطق المقلوب.

قد تناولنا كل ما يزعم من بدائل لنظرية الانتخاب الطبيعى فيما عدا أقدمها، وهى النظرية التكوينية التى ترى أن الحياة نشأت بما هى عليه من غير تطور كما فى سفر التكوين. على أن اللاهوتيين المحدثين من أى ثقافة رفيعة ليجدون أن البرهان على وجود نوع ما من التطور قد أصبح برهانا طاغيا جدا. وهكذا فهناك الآن الكثيرون من اللاهوتيين الذين يسمون أنفسهم لاهوتيين تطوريين مثل أسقف برمنجهام السابق ذكره. على أن منهم من يحاولون تهريب افتراض التكوينية بلا تطور من الباب الخلفى. ولكننا لا نستطيع تفنيد فروض من هذا النوع. وكل ما يمكننا قوله بشأنها هو أنها علميا غير ضرورية للتطور.

هكذا، فإن قائمة النظريات التى نظرنا أمرها فى هذا الفصل كلها تعطى بعض مشابهة سطحية لما قد يكون نظريات بديلة للداروينية، يمكن أن تختبر جدارتها باستدعاء البراهين. وكلها يثبت فى النهاية بالفحص المدقق، أنها ليست على الاطلاق مما ينافس الداروينية. ونظرية التطور بالانتخاب الطبيعى التراكمى هى النظرية الوحيدة المعروفة لنا «القادرة» من حيث المبدأ على تفسير وجود التركب المنظم. وحتى لو لم يكن ثمة برهان فى صفها، فإنها «تظل» أفضل نظرية متاحة! والحقيقة أن البـراهين فى صفها فعلا. ولكن هذه قصة أخرى.

هيا نستمع إلى ختام الأمر كله. إن الحياة فى جوهرها هى إحصائيا قليلة الاحتمال بدرجة هائلة. وإذن، فأيا ما كان تفسير الحياة فهو لا يمكن أن يكون صدفة. والتفسير الحقيقى لوجود الحياة يجب أن يجسد ذات الدعوى النقيضة للصدفة. والدعوى النقيضة للصدفة هى البقاء اللاعشوائى، مفهوما على الوجه الصحيح. والبقاء اللاعشوائى، عندما لا يفهم على الوجه الصحيح، لا يكون الدعوى النقيضة للصدفة، فسيكون هوالصدفة نفسها. وثمة مدى متصل يصل ما بين أقصى الطرفين هذين، وهو متصل يمتد من الانتخاب بخطوة واحدة حتى الانتخاب التراكمى. والانتخاب بخطوة واحدة هو وحسب طريقة أخرى للحديث عن الصدفة الخالصة. وهذا هو ما أُعنيه بالبقاء اللاعشوائى عندما

لا يفهم بصورة صحيحة. و «الانتخاب التراكمى» بدرجات بطيئة تدريجيه هو التفسير، والتفسير الوحيد الصالح، الذى تم طرحه، لوجود التصميم المركب للحياة.

إن هذا الكتاب كله قد هيمنت عليه فكرة الصدفة، والاحتمالات ذات الأرقام الفلكية الطويلة ضد النشأة التلقائية للنظام، والتركب، والتصميم الظاهر. وقد فكرنا فى طريقة لترويض الصدفة وخلع أنيابها. و «الصدفة غير المروضة»، الصدفة الخالصة المجردة، تعنى أن التصميم المنظم يبزغ للوجود من لا شئ، فى وثبة واحدة. وإنه ليكون من الصدفة غير المروضة لو حدث ذات مرة أن لم يكن هناك عين، ثم يحدث فجأة تو بزوغ أحد الأجيال أن تظهر عين، وقد تم تشكيلها، متقنة كاملة. إن هذا ممكن ولكن نسبة الاحتمالات ضده تجعلنا نظل مشغولين بكتابة أصفار الرقم حتى نهاية الزمان.

و«ترويض» الصدفة يعنى تجزئة ما هو قليل الاحتمال جدا إلى عناصر أصغر، تكون أكثر احتمالا ومرتّبة فى تسلسل. ومهما كانت قلة احتمال أن تنشأ (س) من (ص) فى خطوة واحدة، فإن من الممكن دائما تصور أن بينهما سلسلة من توسطيات متدرجة تدرجا بالغ الصغر. ومهما كانت قلة احتمال أن يكون هناك تغير بمقياس كبير، فإن التغيرات الصغيرة تظل هى الأكثر احتمالا. وما دمنا نسلم بأننا سنفترض سلسلة توسطيات كبيرة بما يكفى تتدرج تدرجا رهيفا بما يكفى، فإننا نستطيع أن نستقى أى شئ من أى شئ آخر، دون أن تستدعى احتمالات تبلغ نسبة قلة احتمالها أرقاما فلكية. ولا يسمح لنا بفعل ذلك إلا إذا كان هناك وقت كاف لوضع كل التوسطيات فى المكان الملائم. ولا يسمح أيضا بذلك إلا إذا كان هناك ميكانزم لتوجيه كل خطوة فى اتجاه ما معين، وإلا فإن تعاقب الخطوات سوف ينطلق بعيدا فى مسار عشوائى لا نهائى.

إن الانتصار للنظرة الداروينية للعالم هو الذى يفى بهذين الشرطين كلاهما معا، وهذا الانتخاب الطبيعى التراكمى التدريجى لهو التفسير النهائى لوجودنا. وإذا كان هناك نسخ من نظرية التطور تنكر التدريجية البطيئة، وتنكر الدور المحورى للانتخاب الطبيعى، فإنها قد تكون مما يصدق فى حالات معينة.ولكنها لا يمكن أن تكون الحقيقة كلها، لأنها تنكر صميم لب نظرية التطور، ذلك اللب الذى يعطيها القوة لإذابة تلك الاحتمالات التى تبلغ نسبة قلتها أرقاما فلكية، والذى يعطيها القوة لتفسير الأعاجيب التى تبدو ظاهريا كالمعجزة.

مراجع مختارة

1. Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (1983) *Molecular Biology of the Cell.* New York: Garland.
2. Anderson, D. M. (1981) Role of interfacial water and water in thin films in the origin of life. In J. Billingham (ed.) *Life in the Universe.* Cambridge, Mass: MIT Press.
3. Andersson, M. (1982) Female choice selects for extreme tail length in a widow bird. *Nature,* 299: 818–20.
4. Arnold, S. J. (1983) Sexual selection: the interface of theory and empiricism. In P. P. G. Bateson (ed.), *Mate Choice,* pp. 67–107. Cambridge: Cambridge University Press.
5. Asimov, I. (1957) *Only a Trillion.* London: Abelard-Schuman.
6. Asimov, I. (1980) *Extraterrestrial Civilizations.* London: Pan.
7. Asimov, I. (1981) *In the Beginning.* London: New English Library.
8. Atkins, P. W. (1981) *The Creation.* Oxford: W. H. Freeman.
9. Attenborough, D. (1980) *Life on Earth.* London: Reader's Digest, Collins & BBC.
10. Barker, E. (1985) Let there be light: scientific creationism in the twentieth century. In J. R. Durant (ed.) *Darwinism and Divinity,* pp. 189–204. Oxford: Basil Blackwell.
11. Bowler, P. J. (1984) *Evolution: the history of an idea.* Berkeley: University of California Press.
12. Bowles, K. L. (1977) *Problem-Solving using Pascal.* Berlin: Springer-Verlag.

13. Cairns-Smith, A. G. (1982) *Genetic Takeover*. Cambridge: Cambridge University Press.

14. Cairns-Smith, A. G. (1985) *Seven Clues to the Origin of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.

15. Cavalli-Sforza, L. & Feldman, M. (1981) *Cultural Transmission and Evolution*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

16. Cott, H. B. (1940) *Adaptive Coloration in Animals*. London: Methuen.

17. Crick, F. (1981) *Life Itself*. London: Macdonald.

18. Darwin, C. (1859) *The Origin of Species*. Reprinted. London: Penguin.

19. Dawkins, M. S. (1986) *Unravelling Animal Behaviour*. London: Longman.

20. Dawkins, R. (1976) *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press.

21. Dawkins, R. (1982) *The Extended Phenotype*. Oxford: Oxford University Press.

22. Dawkins, R. (1982) Universal Darwinism. In D. S. Bendall (ed.) *Evolution from Molecules to Men*, pp. 403–25. Cambridge: Cambridge University Press.

23. Dawkins, R. & Krebs, J. R. (1979) Arms races between and within species. *Proceedings of the Royal Society of London*, B, 205: 489–511.

24. Douglas, A. M. (1986) Tigers in Western Australia. *New Scientist*, 110 (1505): 44–7.

25. Dover, G. A. (1984) Improbable adaptations and Maynard Smith's dilemma. Unpublished manuscript, and two public lectures, Oxford, 1984.

26. Dyson, F. (1985) *Origins of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.

27. Eigen, M., Gardiner, W., Schuster, P., & Winkler-Oswatitsch. (1981) The origin of genetic information. *Scientific American*, 244 (4): 88–118.

28. Eisner, T. (1982) Spray aiming in bombardier beetles: jet deflection by the Coander Effect. *Science*, 215: 83–5.

29. Eldredge, N. (1985) *Time Frames: the rethinking of Darwinian evolution and the theory of punctuated equilibria*. New York: Simon & Schuster (includes reprinting of original Eldredge & Gould paper).

30. Eldredge, N. (1985) *Unfinished Synthesis: biological hierarchies and modern evolutionary thought*. New York: Oxford University Press.

31. Fisher, R. A. (1930) *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon Press. 2nd edn paperback. New York: Dover Publications.

32. Gillespie, N. C. (1979) *Charles Darwin and the Problem of Creation*. Chicago: University of Chicago Press.

33. Goldschmidt, R. B. (1945) Mimetic polymorphism, a controversial chapter of Darwinism. *Quarterly Review of Biology*, 20: 147–64 and 205–30.

34. Gould, S. J. (1980) *The Panda's Thumb*. New York: W. W. Norton.

35. Gould, S. J. (1980) Is a new and general theory of evolution emerging? *Paleobiology*, 6: 119–30.

36. Gould, S. J. (1982) The meaning of punctuated equilibrium, and its role in validating a hierarchical approach to macroevolution. In R. Milkman (ed.) *Perspectives on Evolution*, pp. 83–104. Sunderland, Mass: Sinauer.

37. Gribbin, J. & Cherfas, J. (1982) *The Monkey Puzzle*. London: Bodley Head.

38. Griffin, D. R. (1958) *Listening in the Dark*. New Haven: Yale University Press.

39. Hallam, A. (1973) *A Revolution in the Earth Sciences*. Oxford: Oxford University Press.

40. Hamilton, W. D. & Zuk, M. (1982) Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science*, 218: 384–7.

41. Hitching, F. (1982) *The Neck of the Giraffe, or Where Darwin Went Wrong*. London: Pan.

42. Ho, M–W. & Saunders, P. (1984) *Beyond Neo-Darwinism*. London: Academic Press.

43. Hoyle, F. & Wickramasinghe, N. C. (1981) *Evolution from Space*. London: J. M. Dent.

44. Hull D. L. (1973) *Darwin and his Critics*. Chicago: Chicago University Press.

45. Jacob, F. (1982) *The Possible and the Actual*. New York: Pantheon.

46. Jerison, H. J. (1985) Issues in brain evolution. In R. Dawkins & M. Ridley (eds) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, 2: 102–34.

47. Kimura, M. (1982) *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

48. Kitcher. P. (1983) *Abusing Science: the case against creationism*. Milton Keynes: Open University Press.

49. Land, M. F. (1980) Optics and vision in invertebrates. In H. Autrum (ed.) *Handbook of Sensory Physiology*, pp. 471–592. Berlin: Springer.

50. Lande, R. (1980) Sexual dimorphism, sexual selection, and adaptation in polygenic characters. *Evolution*, 34: 292–305.

51. Lande, R. (1981) Models of speciation by sexual selection of polygenic traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 78: 3721–5.

52. Leigh, E. G. (1977) How does selection reconcile individual advantage with the good of the group? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74: 4542–6.

53. Lewontin, R. C. & Levins, R. (1976) The Problem of Lysenkoism. In H. & S. Rose (eds) *The Radicalization of Science*. London: Macmillan.

54. Mackie, J. L. (1982) *The Miracle of Theism*. Oxford: Clarendon Press.

55. Margulis, L. (1981) *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco: W. H. Freeman.

56. Maynard Smith, J. (1983) Current controversies in evolutionary biology. In M. Grene (ed.) *Dimensions of Darwinism*, pp. 273–86. Cambridge: Cambridge University Press.

57. Maynard Smith, J. (1986) *The Problems of Biology*. Oxford: Oxford University Press.

58. Maynard Smith, J. *et al.* (1985) Developmental constraints and evolution. *Quarterly Review of Biology*, 60: 265–87.

59. Mayr, E. (1963) *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

60. Mayr, E. (1969) *Principles of Systematic Zoology*. New York: McGraw-Hill.

61. Mayr, E. (1982) *The Growth of Biological Thought*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

62. Monod, J. (1972) *Chance and Necessity*. London: Fontana.

63. Montefiore, H. (1985) *The Probability of God*. London: SCM Press.

64. Morrison, P., Morrison, P., Eames, C. & Eames, R. (1982) *Powers of Ten*. New York: Scientific American.

65. Nagel, T. (1974) What is it like to be a bat? *Philosophical Review*, reprinted in D. R. Hofstadter & D. C. Dennett (eds). *The Mind's I*, pp. 391–403, Brighton: Harvester Press.

66. Nelkin, D. (1976) The science textbook controversies. *Scientific American* 234 (4): 33–9.

67. Nelson, G. & Platnick, N. I. (1984) Systematics and evolution. In M–W Ho & P. Saunders (eds), *Beyond Neo-Darwinism*. London: Academic Press.

68. O'Donald, P. (1983) Sexual selection by female choice. In P. P. G. Bateson (ed.) *Mate Choice*, pp. 53–66. Cambridge: Cambridge University Press.

69. Orgel, L. E. (1973) *The Origins of Life*. New York: Wiley.

70. Orgel, L. E. (1979) Selection in vitro. *Proceedings of the Royal Society of London*, B, 205: 435–42.

71. Paley, W. (1828) *Natural Theology*, 2nd edn. Oxford: J. Vincent.

72. Penney, D., Foulds, L. R. & Hendy, M. D. (1982) Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences. *Nature*, 297: 197–200.

73. Ridley, M. (1982) Coadaptation and the inadequacy of natural selection. *British Journal for the History of Science*, 15: 45–68.

74. Ridley, M. (1986) *The Problems of Evolution*. Oxford: Oxford University Press.

75. Ridley, M. (1986) *Evolution and Classification: the reformation of cladism*. London: Longman.

76. Ruse, M. (1982) *Darwinism Defended*. London: Addison-Wesley.

77. Sales, G. & Pye, D. (1974) *Ultrasonic Communication by Animals*. London: Chapman & Hall.

78. Simpson, G. G. (1980) *Splendid Isolation*. New Haven: Yale University Press.

79. Singer, P. (1976) *Animal Liberation*. London: Cape.

80. Smith, J. L. B. (1956) *Old Fourlegs: the story of the Coelacanth*. London: Longmans, Green.

81. Sneath, P. H. A. & Sokal, R. R. (1973) *Numerical Taxonomy*. San Francisco: W. H. Freeman.

82. Spiegelman, S. (1967) An *in vitro* analysis of a replicating molecule. *American Scientist*, 55: 63–8.

83. Stebbins, G. L. (1982) *Darwin to DNA, Molecules to Humanity*. San Francisco: W. H. Freeman.

84. Thompson, S. P. (1910) *Calculus Made Easy*. London: Macmillan.

85. Trivers, R. L. (1985) *Social Evolution*. Menlo Park: Benjamin-Cummings.

86. Turner, J. R. G. (1983) 'The hypothesis that explains mimetic resemblance explains evolution': the gradualist-saltationist schism. In M. Grene (ed.) *Dimensions of Darwinism*, pp. 129–69. Cambridge: Cambridge University Press.

87. Van Valen, L. (1973) A new evolutionary law. *Evolutionary Theory*, 1: 1–30.

88. Watson J. D. (1976) *Molecular Biology of the Gene*. Menlo Park: Benjamin-Cummings.

89. Williams, G. C. (1966) *Adaptation and Natural Selection*. New Jersey: Princeton University Press.

90. Wilson E. O. (1971) *The Insect Societies*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

91. Wilson E. O. (1984) *Biophilia*. Cambridge, Mass: Harvard University Press

92. Young J. Z. (1950) *The Life of Vertebrates*. Oxford: Clarendon Press.

فهرس السلسلة الثانية

نعتذر عن أدراج كل أسماء الكتب ، وليس كتب السلسلة الثانية فقط .

الكتـــاب	المـــؤلف
- خريف الغضب .	أ. محمد حسنين هيكل .
- أحاديث فى العاصفة .	أ. محمد حسنين هيكل .
- سنة ثالثة سجن .	أ. مصطفى أمين.
- الملك فاروق وألمانيا النازية.	أ. وجيه عتيق.
- أعجب الرحلات فى التاريخ	أ. أنيس منصور .
- مواقف .	أ. انيس منصور .
- القوة الخفيـــة .	أ. أنيس منصور .
- حول العالم فى ٢٠٠ يوم	أ. أنيس منصور .
- لعنة الفراعنة .	أ. أنيس منصور .
- الذين عادوا من السماء.	أ. أنيس منصور .
- الآمال الكبرى .	تشارلز ديكنز .
- ديفيد كوبر فيلد .	تشارلز ديكنز .
- ترنيمة عيد الميلاد.	تشارلز ديكنز .
- الرجل الخفى .	هـ. جـ. ويلز .
- المختار من القصص العالمية.	مكتبة الأسرة بمصر .
- فجر الضمير .	جيمس برستيد .
- رجل الساعة أو الجديد فى التطور الطبيعى ..	ريتشارد دوكنز .
- تاريخ موجز لزمن .	ستيفن هوكنج .
- اينشتين والنسبية .	أ. مصطفى محمود .

مختارات من الكتب

الكتاب	المختار

- (بحثاً عن عالم أفضل). للفيلسوف \ كارل بوير .	ضد التبجح . رسالة لم تعد لنشر أصلا.
- (تاريخ حياة أحد اللصوص). أحسان عبد القدوس .	قصة أيام المظاهرات .
- (نوادر وطرائف من الصين العظيمة). ترجمة أبراهيم البشمى	بعض النوادر الجميلة التى وردت فيه .

للحصول على أى من الكتب السابقة ، بالرجاء زيارة هذا الموقع المؤقت :

www.geocities.com/theknowledge_walls

ولتواصل معنا :
Theknowledge_walls@yahoo.com